

Tartu Ülikool

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Loodusteadusliku hariduse keskus

Ott Maidre

Virtuaalse ja reaalse õpikeskkonna rakendamise  
tõhusus õpilaste transformatiivsete oskuste ja  
ainealaste teadmiste arengule

Magistritöö

Juhendaja: doktorant Maria Isabel Runnel

Tartu 2014

## Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1. Kirjanduse ülevaade .....	5
1.1. Kognitiivse koormuse teooria.....	5
1.1.1. Sisemine kognitiivne koormus ( <i>intrinsic cognitive load</i> ) .....	6
1.1.2. Väline kognitiivne koormus ( <i>extraneous cognitive load</i> ) .....	7
1.1.3. Tegelik kognitiivne koormus ( <i>germane cognitive load</i> ) .....	8
1.2. Kognitiivse koormuse mõõtmine .....	9
1.3. Õppetöö tõhusus.....	11
1.4. Uurimuslik õpe .....	14
1.5. Uurimuslik õpe virtuaalkeskkonnas .....	16
2. Metoodika .....	18
2.1. Uuringu disain .....	18
2.2. Valim.....	20
2.3. Eel- ja järelküsimustik.....	20
2.4. SCY ökoloogiainissioon ja tööleht .....	22
2.5. Andmeanalüüs.....	23
3. Tulemused ja arutelu.....	25
3.1. Uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng virtuaalkeskkonnas....	25
3.2. Uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng reaalkeskkonnas .....	27
3.3. Õppetöö tõhusus virtuaal- ja reaalkeskkonnas .....	31
Kokkuvõte.....	34
Tänuavaldused .....	36
Kasutatud kirjandus.....	37
The effectiveness of virtual and real world learning environments on the development of students' transformative skills and subject knowledge .....	41
Lisad.....	45

## Sissejuhatus

Kehtiv 2010. aastal vastuvõetud põhikooli ja gümnaasiumi riiklik õppekava keskendub loodusteaduslikes ainetes (sh bioloogias) suurel määral uurimuslikule õppele (gümnaasiumi riiklik õppekava lisa 4, 2010; põhikooli riiklik õppekava lisa 4, 2010). Sarapuu (2011) väidab, et võrreldes 2002. aasta gümnaasiumi ja põhikooli riikliku õppekavaga on tähtsal kohal bioloogiateadmiste ja -oskuste arendamine, mis aitaks gümnaasiumiõpilastel paremini mõista, selgitada ja prognoosida eri loodusnähtusi ja -protsesse. Sarapuu (2011) jätkab: „...õpilased [saavad] loodusteaduslikule meetodile tuginevate uurimuslike ülesannete kaudu ülevaate bioloogiateaduste tuleviku suundumistest ning nendega seotud rakendustest ja elukutsetest, mis toetab neid elukutse valikus“. Lisaks on eri uurimused kinnitanud, et uurimusliku õppe kaudu arenevad õpilaste transformatiivsed ja regulatiivsed oskused, mis on eduka uurimistöö koostamise aluseks (de Jong, Njoo, 1992; Mäeots, Pedaste, Sarapuu, 2009; Aro, 2011).

Uurimuslikku õpet on uue õppekava raames loodusteaduslikes ainetes aina rohkem kasutama hakatud, sel teemal kirjutatakse uurimistöid ja antakse välja õppematerjale. Samas on vähe uuritud, kui efektiivsed on uurimuslik õpe ja selle materjalid nii maailmas kui ka Eestis. Künsting, Wirth ja Paas (2011) selgitavad oma uurimuses, et tavaliselt uuritakse õpitulemusi sõltuva muutujana, samas on väga vähe uuritud õppetöö tulemusi, mis on seotud kognitiivse koormusega. Paas ja van Merriënboer (1993) on välja töötanud õppetöö tõhususe mudeli, mis annab hea võimaluse mõõta õppetöö tulemusi kognitiivse koormuse kontekstis. Õppetöö tõhusust on hakatud aina rohkem kasutama rahvusvahelistes uuringutes, kuid Eestis pole sellele palju tähelepanu pööratud.

Kask ja Rannikmäe (2009) väidavad, et praegu on õpilaste uurimusliku õppe oskused madalad. Samas nendib Lokk (2013) oma magistristöös, et õpetajad on küll valmis uurimuslikku õpet tundides rakendama, kuid tihti jääb puudu nii õppematerjalidest kui ka teadmistest ja oskustest, kuidas uurimuslikku õpet rakendada. Seega on vaja uurimuslikuks õppeks sobivaid õppematerjale. Samas peab nii virtuaalseid uurimusliku õppe keskkondi kui ka paber kandjal õppematerjale kriitiliselt hindama, kuna Eesti haridussüsteemis on uurimuslik õpe suhteliselt uus õppe- ja õpetamisviis – paljud õpilased ja õpetajad pole sellega kokku puutunud. Seega annab magistristöo ühe võimaluse, kuidas mõõta, kui efektiivsed on uurimusliku õppe õppematerjalid ja -keskkonnad.

Magistristöo eesmärgid:

- võrrelda uurimusliku õppe tõhusust virtuaal- ja reaalkeskkonnas;

- mõõta õpilaste transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut virtuaal- ja reaalkeskkonnas.

Sellest tulenevalt valiti virtuaalkeskkonnaks „Science created by you“ (SCY) ökoloogiamissioon, milles uuriti uurimusliku õppe tõhusust virtuaalkeskkonnas. SCY ökoloogiamissiooni põhjal tehti sarnased paber kandjal töölehed, millega uuriti uurimusliku õppe tõhusust reaalkeskkonnas. Eel- ja järelküsimustik koostati põhimõttel, et uuringus osalenud õpilastel oleks võimalik mõõta uurimusliku õppetöö tõhusust. Eel- ja järelküsimustikuga mõõdeti ka uuringus osalenud õpilaste transformatiivsete ja ainealaste teadmiste arengut enne ja pärast virtuaalkeskonna SCY ökoloogiamissiooni läbimist ning reaalkeskkonnas vastavate töölehtede täitmist.

Eesmärkidest tulenevalt sõnastati järgmised uurimusküsimused:

1. Kuidas mõjutab virtuaalne õpikeskkond SCY õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?
2. Mil määral mõjutab uurimuslik õpe reaalkeskkonnas (töölehed) õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?
3. Kui tõhus on uurimuslik õpe virtuaal- ja reaalkeskkonnas?

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks koostati uuring, mis viidi läbi 2013. aasta veebruarist maini. Uuringusse oli kaasatud viie kooli 60 kümnenda kuni kaheteistkümnenda klassi õpilast, kes olid eelnevalt läbinud fotosünteesi teema.

# 1. Kirjanduse ülevaade

## 1.1. Kognitiivse koormuse teooria

Kognitiivse koormuse teooria (*cognitive load theory*) kujunes välja Milleri (1956) infotöötuse uuringutes, mis näitasid, et lühiajaline mälu suudab piiratud arvu elemente hoida samaaegselt. Sweller ehitas selle põhjal üles kognitiivse koormuse teooria, mille järgi on kõige parem õppida tingimustel, mis on vastavuses inimese kognitiivse kontseptsiooniga. See käsitleb skeeme või kombineeritud elemente kui kognitiivseid skeeme, mis moodustavad inimese teadmised. Kognitiivse koormuse teooria eeldab, et inimese kognitiivne koormuse ülesehitus on loomulik infotöötuse süsteem, mis on analoogne teiste süsteemidega, nagu evolutsioonis toimuv looduslik valik (Sweller, Sweller, 2006; Sweller, 1988).

Mitme uurimuse järgi on kognitiivse koormuse teooria väärtuslik õppedisaini kujundamiseks eriti matemaatikas ja virtuaalsetes õpikeskkondades (Gerjets, Scheiter, Cierniak, 2008; Paas, Gog, Sweller, 2010). Õpilased töötlevad juhendmaterjali informatsiooni töömälu, mille koormuse taluvus kehtestab, kuidas õpilased jagavad juhendmaterjali informatsiooni kategooriatesse vastavalt informatsiooni funktsioonidele (Paas, Renkl, Sweller, 2003; Sweller, 2010). Iga õppeülesande täitmine nõuab töömälu kognitiivsete ressursside kasutamist. See sõltub omakorda iga õpilase individuaalsetest omadustest. Õpilase vaimne pingutus ülesande täitmiseks oleneb õppeülesande kognitiivsest koormusest (Meissner, Bogner, 2012). Õpilane pingutab vaimselt vähem, kui tal on eelnevaid kogemusi sarnaste õppesituatsioonidega. Kui õpilane kujutab ette, kui palju pingutust õppeülesanne nõuab, pingutab ta niipalju, kui õppeülesande lahendamiseks vajalikuks peab, ja mitte rohkem (Paas jt, 2005).

Sweller, Ayres ja Kalyuga (2011) väidavad, et inimese kognitiivne ehitus pakub raamistikku, millega seletada, miks mõned õppetöö juhendid töötavad ja miks mõned ei tööta. Arvestades inimeste kognitiivset ehitust, saab määrata õppekategoriaid, mis on tõhusad. Sweller jt oletavad, et üldine õppimine ja probleemi lahendamise strateegiad on bioloogiliselt esmaselt omandatud ehk kaasasündinud ja neid ei pea õpetama, kuna inimesed on need oskused kergelt omandanud ning neid sünnist saati arendanud. Bioloogiliselt omandatud esmased teadmised on kõige tähtsamad, inimõistuse toimimise eest ei saa vastutada järk-järgult, teadlikult ja jõupingutustega omandatud teisesed teadmised, mis omandatakse hilisemas eas, sh formaalse haridusega. Põhilised mõtlemisstrateegiad on kaasasündinud, seega pole neid vaja õpetada. Samas peab õpetama valdkonnateadmisi, mis pole sündides kaasa antud. Valdkonnateadmisi peaks õpilasele õpetama otse ja selgesõnaliselt, sest inimene on harjunud saama teadmisi teiselt inimeselt. Nii saab kasutada teiste inimeste teadmisi ja uusi teadmisi ümber organiseerida

vastavalt õppija enese teadmistele. Kognitiivse koormuse teooria perspektiivis peab õppematerjali koostamisel arvestama inimese töömälu limiiti (Sweller, Ayres, Kalyuga, 2011).

Kognitiivse koormuse teooria viitab, et õppetöö juhendamise peamine eesmärk peaks olema kaasa aidata bioloogiliste teiseste teadmiste pikaajalises mälus hoidmisele. Teisisõnu on kognitiivse koormuse teooria eesmärk pöörata tähelepanu töömälu limiidi piiratusetele. Seega, kui töödeldakse uut informatsiooni, mis võiks minna töömälust pikaajalisse mällu, on vaja, et üleliigne ja ebavajalik info ei segaks uue informatsiooni töötlemist. Nii oleks vähem üleliigset ja ebavajalikku kognitiivset koormust ning rohkem kognitiivset koormust, mis aitaks uut informatsiooni pikaajalisse mällu kinnistada (Sweller, Ayres, Kalyuga, 2011).

### **1.1.1. Sisemine kognitiivne koormus (*intrinsic cognitive load*)**

Sweller (2010) selgitab, et sisemise kognitiivse koormuse määrab õppematerjali mõistmise ja õppimise keerukus. See ei arvesta, kuidas on õppematerjal esitatud või mida peaksid õpilased tegema, et õppematerjalid täielikult omandada. Kindlal õppeülesandel ja kindlal õpilasel on teadmiste tase fikseeritud. Teadmiste taset saab muuta kahel moel:

- 1) muudetakse sisuliselt õppeülesannet, millega õpilane tegeleb;
- 2) muudetakse õpilaste eelnevat teadmiste taset antud õppeülesande kohta.

Sisemise kognitiivse koormuse tase on kindlal õppeülesandel ja kindlal teadmiste tasemel eelnevalt määratletud õppeelementide interaktiivsuse osakaaluga. Õppeelement on ükskõik milline element, mida on vaja ära õppida või mis on ära õpitud, näiteks mõiste või mingi protseduur. Madala interaktiivsuse osakaaluga õppematerjalil on vaja ära õppida üksikuid õppeelemente, mille seotus teiste õppeelementidega on minimaalne ja seetõttu on töömälu koormus väike. Näiteks Mendelejevi tabeli keemilised sümbolid või üks nimisõna võõrkeeles on madala õppeelementide osakaaluga interaktiivsed ülesanded. Iga õppeelementi võib ära õppida nii, et ei teki seost teise õppeelementiga. Õppeülesanne võib olla raske seetõttu, et kasutatakse palju õppeelemente. Madala interaktiivsuse osakaaluga õppematerjalid ei tekita õppimisel suurt töömälu koormust, sest üksikud õppeelemente saab õppida üksteisest eraldiseisvalt. Näiteks õppides selgeks vase keemilise sümboli, saab eraldiseisvalt õppida ka raua keemilise sümboli. Kuna mõlemat saab õppida eraldi, peab töömälu töötleva ainult vase sümboliga seotud kognitiivseid elemente, mitte raua sümboliga seotuid (Sweller, 2010).

Kõrge õppeelementide interaktiivsusega õppematerjalid sisaldavad elemente, mis on omavahel väga tihedalt seotud. Mida rohkem õppeelemente on omavahel seotud, seda suurem on töömälu

koormus. Sellised on näiteks matemaatilised võrrandid, kus kõiki võrrandiga seotud õppeelemente tuleb arvestada üheaegselt, sest kõik õppelemendid on omavahel seotud. Kui algaja õpib algebrat ja peab lahendama võrrandi „ $(a+b)/c = d$ , leia  $a$ “, siis iga sümbol selles võrrandis võib olla õppeelement ning kõiki õppeelemente peab samaaegselt töömälu töötleva, et võrrandist aru saada. Õppides, kuidas lahendada selliseid matemaatilisi võrrandeid, on õppeelementide vahel suurem interaktiivsus, kui õppides keemilisi sümboleid perioodilisustabelis. Samas on lihtsamaid algebravõrrandeid õppida palju lihtsam kui keemilisi sümboleid, sest võrrandis on vähem õppeelemente, millega peab tegelema. Seejuures on võrrandis palju kõrgem interaktsioon eri õppeelementide vahel ning seetõttu on ka sisemine kognitiivne koormus suurem. Sisemine kognitiivne koormus oleneb ülesannete raskusest, mis põhineb ülesannete hulgal, mitte nende interaktiivsusel (Sweller, 2010).

### 1.1.2. Väline kognitiivne koormus (*extraneous cognitive load*)

Töömälu koormus ei olene ainult õppematerjali keerukusest, vaid ka õpetamismeetoditest, mis ei pruugi olla optimaalsed. Õpetamismeetodeid, mis pole optimaalsed ja tekitavad töömälu kognitiivset lisakoormust, nimetatakse väliseks kognitiivseks koormuseks. Kognitiivse koormuse teooria on keskendunud meetoditele, mis vähendaks välist kognitiivset koormust. Paljud sellised meetodid on juba välja töötatud ja neid arendatakse (Paas, van Gog, Sweller, 2010).

Beckmanni (2010) järgi keskendutakse õppeülesannetes peamiselt ülesande olemusele ehk sisemise kognitiivse koormuse vähendamisele. Samas on väga vähe uuritud, mis põhjustab välist kognitiivset koormust.

Sellest tulenevalt on meetod kognitiivse koormuse suuruse väljaselgitamiseks, kus iga kognitiivse koormuse osa vaadeldakse teistest osadest eraldi. Iga kognitiivse koormuse osa selgitatakse eraldi, kasutades kognitiivse koormuse teooriat. Samas on vähe selgitatud ühisosast tulenevat kognitiivset koormust (Sweller, 2010).

Sweller (2010) jätkab, et eri õppeelementide interaktiivsus on töömälu peamine koormus, mis põhjustab nii välist kui ka seesmist kognitiivset koormust. Kui õppeelementide interaktiivsust saab vähendada, muutmata seda, mida õpitakse, siis on koormus väline. Kui aga õppeelementide interaktiivsust muutes muutub ka see, mida õpitakse, on koormus sisemine (Beckmann, 2010). Sweller (2010) tõdeb, et sisemine ja väline kognitiivne koormus sõltuvad ka sellest, mida on õpilasel vaja ära õppida. Näiteks kui õppe eesmärk on omandada mõisteid, kasutades selleks lisamaterjalina selgitava teksti ettelugemist, siis on tegu välise kognitiivse

koormusega, sest see sõltub omakorda sellest, kuidas lisamaterjali õppijale keeleliselt esitatakse. Samas, kui õppe eesmärk on õppida erialast võõrkeelt, on erialane keel sisemine kognitiivne koormus (Schontz, Kurschner, 2007). Seega võib sama informatsioon olla nii sisemine kui ka väline kognitiivne koormus, sõltudes sellest, mida õpitakse (Sweller, 2010).

Elementide interaktiivsus ei mõjuta ainult sisemist, vaid ka välist kognitiivset koormust ning kaudselt ka tegelikku kognitiivset koormust. Välist kognitiivset koormust tekitavad erinevad allikad, mis pole eesmärgipärased. Nii võib õppija tähelepanu hajuda või koonduda ebavajalikule õppeinformatsioonile. Välise kognitiivse koormuse arvestamine hõlbustab õppetöö meetodeid, sest nii kaasatakse vähem eri õppeelemente, mida peab õppides üheaegselt haldama. Uuritakse, millised õppelemendid üksteist õppeinformatsiooni töödeldes mõjutavad. See mõjutab ka kognitiivset koormust. Välise kognitiivse koormuse väljaselgitamiseks on olemas meetod, millega uurida õppemeetodi tulemuslikkust (Sweller, 2010).

### **1.1.3. Tegelik kognitiivne koormus (*germane cognitive load*)**

Tegelikku kognitiivset koormust saab määrata õppeelementide interaktiivsuse järgi, kuid tegelik kognitiivne koormus erineb sisemisest ja välisest kognitiivsest koormusest. Sisemine ja väline kognitiivne koormus olenevad õppematerjalist ja õppija iseloomust. Põhirõhk on õppematerjalil, kus töömälu koormuse määrab õppematerjali õppeelementide interaktiivsus. Õpilasest oleneb, kui kõrge on tema teadmiste tase. Õpilasel, kel on madal teadmiste tase, aga eri teadmiste elemendid suures vastastikmõjus, võib niiviisi olla tegelikult kõrge teadmiste tase. Vastavalt teadmiste tasemele on õppematerjalide interaktiivsus ainult õppematerjali omadus (Sweller, 2010).

Erinevalt sisemisest ja välisest kognitiivsest koormusest, kus põhirõhk on materjali iseloomul, on tegeliku kognitiivse koormuse rõhuasetus õppija iseloomul. See kajastub töömälu vahendites, mida õppija kasutab, tegeledes sisemise kognitiivse koormusega seotud õppeinformatsiooniga. Välja arvatud seoses, kus õppematerjal on seotud sisemise kognitiivse koormuse interaktiivsete elementidega ja tegelik kognitiivne koormus on õppeinformatsioonis esitatud eraldi. See on oluline, sest selline seos ei võimalda töömälul eraldiseisvalt tegeleda kognitiivsete koormuste tekitajatega. Eeldades, et õppija motivatsioonitase on ühtlane, pole õppijal kontrolli tegeliku kognitiivse koormuse üle. Kui sisemine kognitiivne koormus on suur ja väline kognitiivne koormus väike, siis tegelik kognitiivne koormus on suur, sest õppija peab kasutama oluliste õppematerjalidega tegelemiseks paljusid töömälu vahendeid. Aga kui väline kognitiivne koormus suureneb ja tegelik kognitiivne koormus väheneb, ka õpitakse vähem, sest õppija töömälu tegeleb ebaolulist välist müra tekitava õppeelementide juhendmaterjaliga. Ta ei

tegele õppematerjalide oluliste sisemiste elementidega. Seega on tegeliku kognitiivse koormuse funktsioon jagada töömälu ressursse, mis suhestuvad õppeelementidega, mida mõjutab sisemine kognitiivne koormus. Mida rohkem töömälu ressursse tuleb kasutada välise kognitiivse koormusega tegelemiseks, seda vähem on võimalik tegeleda seesmise kognitiivse koormusega, mistõttu õpitakse vähem. Niiviisi sõnastades eeldatakse, et õppija motivatsioon on kõrge ja kõik olemasolevad töömälu ressursid on kasutusel, et tegeleda sisemise ja välise kognitiivse koormusega (Sweller, 2010).

Sweller (2010) märgib, et erinevalt sisemisest ja välisest kognitiivsest koormusest, ei ole tegelikul kognitiivsel koormusel iseseisvat kognitiivse koormuse allikat. Tegelik kognitiivne koormus viitab töömälu ressurssidele, mis tegelevad õppeelementide interaktiivsusega – see on seotud sisemise kognitiivse koormusega. Kui õppejuhend on organiseeritud nii, et see lubab töömälu ressurssidel tegeleda peamiselt õppeelementidega, mis tulenevad sisemisest kognitiivsest koormusest, siis on tegelik kognitiivne koormus ja õppimine ise maksimaalsed. Õppetööd raskendavad valikud, mis nõuavad õppijalt töömälu ressursse, tegelemaks õppeelementidega, mis tulenevad välisest kognitiivsest koormusest. Mida rohkem töömälu ressursse kasutatakse, et tegeleda välise kognitiivse koormusega, seda vähem on töömälul võimalik tegeleda sisemise kognitiivse koormusega ja seetõttu suudab töömälu suunata oma vahendeid tegeliku kognitiivse koormusega tegelemiseks (Sweller 2010). Paas ja van Merriënboer (1994a) täheldavad siinkohal, et selline sõnastus eeldab omakorda, et õppeelementide interaktiivsus on seotud välise kognitiivse koormuse kasvuga – nii peaks kognitiivne koormus kasvama, olenemata sellest, et tegelik kognitiivne koormus väheneb. Sweller (2010) jätkab, et tegeliku kognitiivse koormuse vähenemine tähendab, et töömälu ressursid tegelevad õppeelementidega, mis tulenevad välisest kognitiivsest koormusest. Seetõttu tegeleb töömälu vähem õppeelementidega, mis tulenevad sisemisest kognitiivsest koormusest. Välise kognitiivse koormuse vähenemise tulemusel tõuseb tegelik kognitiivne koormus. Seetõttu vahetab töömälu välise kognitiivse koormusega seotud õppeelemendid sisemise kognitiivse koormusega seotud õppeelementide vastu (Sweller, 2010).

## **1.2. Kognitiivse koormuse mõõtmine**

Paas ja van Merriënboer (1994a) selgitavad, et õppetöö tõhususe mudelit kasutades saab mõõta kognitiivset koormust, kasutades selleks vaimset koormust (*mental load*), vaimset pingutust (*mental effort*) ja tulemuslikkust (*performance*). Samuti on kasutatud empiirilisi ja analüütilisi meetodeid, et kognitiivse koormuse mõõtmist liigitada (Linton, Plamondon, Dick, 1989; Xie, Salvendy, 2000).

Analüütilised meetodid on vaimse koormuse hindamiseks – kogutakse subjektiivseid andmeid, nt ekspertarvamusi, ja analüütilisi andmestikke, nt matemaatilisi mudeleid ja ülesannete analüüse. Empiirilised meetodid on vaimse pingutuse ja tulemuse hindamiseks, kogutakse subjektiivseid andmestikke, kus kasutatakse hindamisskaalasid. Paas ja van Merriënboer (1994a) väidavad, et õpilaste subjektiivne tagasiside on kognitiivse koormuse mõõtmiseks usaldusväärne.

Tulemuslikkuse andmestiku kogumiseks kasutatakse esmase ja teisese ülesande tehnikat ning füsioloogilise andmestiku kogumiseks füsioloogilisi protseduure (Paas jt, 2003).

Hindamisskaalade tehnikad põhinevad eeldusel, et inimesed suudavad hinnata enda kognitiivseid protsesse ja teada anda, kui palju on nad vaimselt pingutanud. Enesehindamine võib tunduda küsitav, kuid tulemused on näidanud, et inimesed suudavad numbriliselt näidata enda tajutavat vaimset koormust (Gopher, Braune, 1984). Paas (1992) oli üks esimesi, kes demonstreeris seda oma uurimuses kognitiivse koormuse teooria kontekstis, kus subjektiivse hindamisega tuli välja inimeste üldine kognitiivne koormus. Subjektiivse hindamise meetodites kasutatakse küsimustikku, mis hõlmab endas ühe- või mitmedimensionaalseid hindamisskaalasid, kus vastaja saab näidata kogetud kognitiivset koormust. Enamik subjektiivseid mõõdikuid on multidimensionaalsed, et saaks hinnata gruppide seotud muutujaid, nagu vaimne pingutus, väsimus ja frustratsioon, mis on omavahel tugevas korrelatsioonis (Nygren, 1991). Uurimuste järgi saab usaldusväärseid mõõtmisi teha ka ühedimensionaalsete skaaladega (Paas, van Merriënboer, 1994a). On näidatud, et sellised skaalad on väga tundlikud väikese kognitiivse koormuse muutuse korral, ja tõestatud, et need skaalad on valiidsed ja usaldusväärsed (Gimino, 2002; Paas, van Merriënboer, Adam, 1994).

Füsioloogilised meetodid põhinevad eeldusel, et kognitiivsete funktsioonide muutused kajastuvad ka füsioloogilistes muutustes. Füsioloogilised meetodid mõõdavad südametegevust (näiteks südame löögisageduse varieeruvus), aju aktiivsust (näiteks ülesande aktiveeritud ajutegevus) ja silma aktiivsust (näiteks pupilli laienemine ja silmapilgutuste aktiivsus). Füsioloogilisi meetodeid saab kõige paremini kasutada, visualiseerides koormuse detailset suundmust ja struktuuri (näiteks hetkeline, maksimaalne, keskmine ja kogetud koormus) (Paas jt, 2003). Näiteks võib tuua siinkohal Paasi ja van Merriënboeri (1994b) uurimuse, kus kasutati füsioloogilist meetodit kognitiivse koormuse raamistikus. Nad uurisid südame löögisageduse varieeruvust, et hinnata kognitiivse koormuse taset, ja leidsid, et selline mõõtmine koormab katseisikuid ning on liialt vigane ja tundetu väikeste kognitiivsete koormuste kõikumiste suhtes.

Tulemustele ja ülesannetele orienteeritud meetodid jaotuvad kahte klassi: esmaste ülesannete mõõtmine, mis põhineb ülesannete tulemuslikkusel, ja teiseste ülesannete meetodika, mis põhineb ülesande tulemuslikkusel, toimudes samaaegselt esmase ülesandega. Sellises protseduuris peaks teisese ülesande tulemuslikkus kajastama kognitiivse koormuse taset, mis tuleneb esmasest ülesandest. Teisene ülesanne sisaldab lihtsaid pidevat tähelepanu nõudvaid tegevusi, näiteks tuleb tuvastada visuaalseid või auditiivseid signaale. Tüüpilised tulemuslikkuse muutujad on reaktsioonikiirus, täpsus ja vigade arv. Teisese ülesande tulemuslikkuse mõõtmine on väga tundlik ja usaldusväärne meetod, aga seda kasutatakse kognitiivse koormuse teooriaga seotud uurimustes väga harva. See võib olla tingitud teisese ülesande täitmise puudusest – teisene on mõjutatud väga esmase ülesandest, eriti kui esmane ülesanne on keeruline ja uuritavatel isikutel on kognitiivsed vahendid piiratud, näiteks vanematel inimestel (Paas jt, 2003).

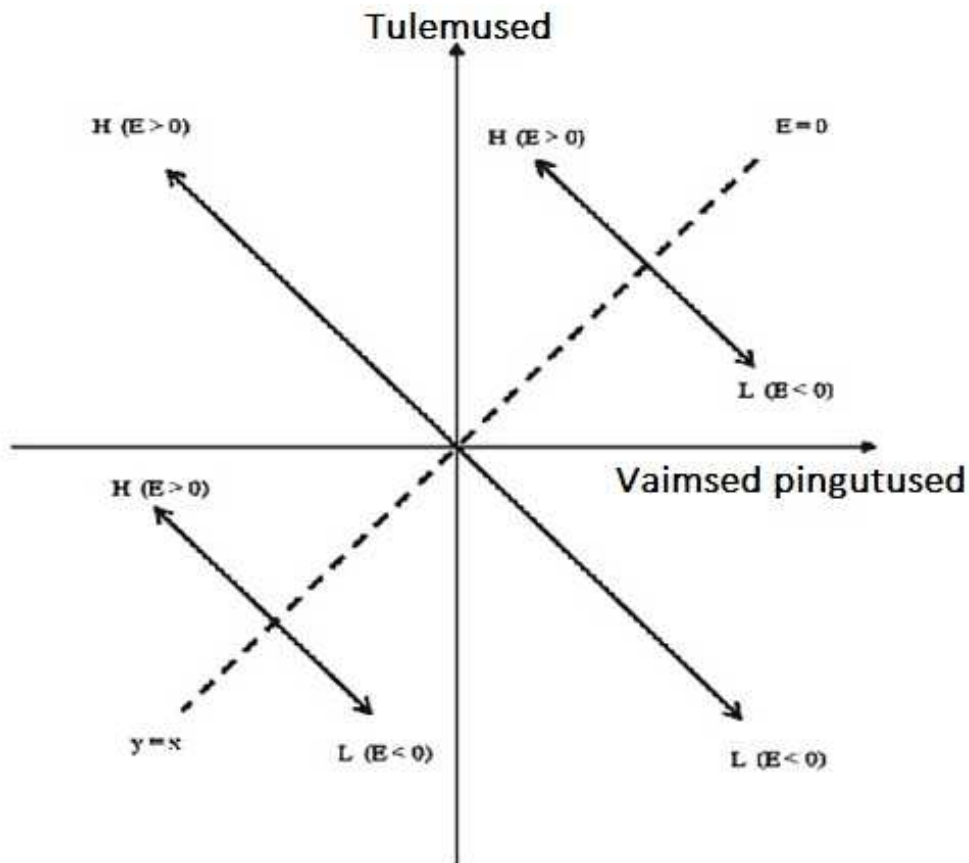
Kognitiivse koormuse teooria eristab sisemist, välist ja tegelikku kognitiivset koormust, kuid teadlased mõõdavad kogu kognitiivset koormust, ja pole ühest mõõtmistehnikat, kus suudetakse eristada kolme kognitiivset koormuse komponenti (Paas jt, 2003).

### 1.3. Õppetöö tõhusus

Haridusuuringutes mõõdetakse õpitulemusi peamiselt sõltuva muutujana, samas on kognitiivse koormusega seotud tulemuslikkust korrapäraselt väga vähe uuritud (Künsting, Wirth, Paas, 2011). Paas ja van Merriënboer (1993) tutvustasid kasuliku õppetöö tõhususe mõõdikut, kus on omavahel kombineeritud õppetöö ülesannete tulemuslikkus ja kognitiivne koormus. Paas ja van Merriënboer põhjendasid, et on oluline arvestada õppimisele kuluvat kognitiivset koormust. Isegi, kui kaks erinevat õppetöö meetodit võivad anda õppetööle sama tulemuse, peab arvestama, kui palju õppijad pingutasid, et jõuda samale õppetöö tulemuslikkuse tasemele. Kui kaks õppetöö meetodit saavad sama tulemuse, kuid ühe puhul kulub selleks vähem kognitiivseid ressursse ja pingutusi, siis on see ka teisest tõhusam. Teisisõnu, mida madalam on kognitiivne koormus õppetöö protsessis, mis läbitakse pärast õppefaasi, ja mida kõrgemad on testi tulemused, seda suurem on ka õppetöö tõhusus (Paas, van Merriënboer, 1993). Õppetöö tõhusust ( $E$ ) arvutatakse järgmise valemi abil:

$$E = \frac{zP_{test} - zE_{test}}{\sqrt{2}}$$

**Valem 1.** Õppetöö tõhususe originaalvalem (Paas, van Merriënboer, 1993)



**Joonis 1.** Graafiline esitus õppetöö tõhususest. E – tõhusus (efficiency), H – õppetöö suur tõhusus (high-instructional efficiency), L – õppetöö väike tõhusus (low-instructional efficiency) (Sweller, Ayres, Kalyuga, 2011)

Õppetöö tõhususe originaalvalemis on  $zP$ test õppetöö standardiseeritud tulemus (z-skoor) ja  $zE$ test vaimse pingutuse standardiseeritud tulemus (z-skoor). Valem põhineb matemaatilisel arvutusel, kus punkti kaugus asetseb teise sirge (praegu  $y=x$ ) suhtes risti (perpendikulaarselt). Tõhususe erinevusi saab kujutada lihtsa graafiku abil (joonis 1).

Kui õppetöö tulemuste ja vaimse pingutuse z-skoor on võrdsed, siis tõhususe (E) väärtus on null, mis on kujutatud joonisel 1 katkendliku diagonaalse joonega ( $y=x$ ). Sellel joonel võrdub tõhusus nulliga ( $E=0$ ). See, mis asetseb joonest ülevalpool, esindab tõhusat õppimist ehk tõhusus võrdub nullist suurema numbriga ( $E>0$ ) ja punktid, mis asuvad katkendlikust joonest allpool, esindavad ebaefektiivset õppimist ehk tõhusus võrdub väiksema arvuga kui null ( $E<0$ ). Paas jt (2003) märgivad, et õppetöö suur tõhusus (high-instructional *efficiency*) tuleneb kõrgeist õppeülesannete tulemustest ja väiksest vaimsest pingutusest (joonisel 1 tsoon H), samas õppetöö väike tõhusus (low-instructional efficiency) tuleneb õppeülesannete madalatest tulemustest ja suurest vaimsest pingutusest (joonisel 1 tsoon L).

Van Gog ja Paas (2008) on aastatel 1993–2007 dokumenteerinud, et üle 30 kognitiivse koormusega seotud uurimust kasutasid õppetöö tõhususe meetodit. Samas nendivad autorid, et kogutud on väga erinevaid vaimse pingutuse hinnanguid, aga õppetöö tõhususe näitajad sõltuvad palju vaimse pingutuse hinnangute kogumisest. Van Gog ja Paas (2008) väidavad, et erinevad vaimse pingutuse hindamise meetodikad mõõdavad erinevat õppetöö tõhusust. Kogudes vaimse pingutuse hinnanguid pärast katse läbi viimist, mõõdetakse õppimise tagajärjel omandatud kognitiivseid struktuure, nagu õppefaasis kujunenud õppeskeemid, mida saab järelküsimumstikus meelde tuletada. Kasutades vaimse pingutuse hindamise meetodikat õppeaine omandamise järgses testis, kajastab see õppetöö tõhusust kõige objektiivsemalt.

Samad autorid lisavad, et õppetöö tõhususe valem on küll kasutusele võetud, kuid seda on muudetud (van Gog, Paas, 2008). Enam ei uurita niivõrd õppetöö tõhusust pärast õppetööd, vaid õppetöö ajal, mil uuritakse vaimseid pingutusi ja tulemuslikkust järgmise valemiga:

$$E = \frac{zP_{test} - zE_{learning}}{\sqrt{2}}$$

**Valem 2.** Õppetöö tõhususe kohandatud valem (van Gog, Paas, 2008)

Aastatel 1993–2008 on 37 uurimistöös kasutatud neli korda originaalvalemit. See valem töötati välja, et uurida õppetöö tõhusust õpitulemuste kaudu – kui suur on kognitiivne koormus kvaliteetses õppes. Kohandatud valemiga uuritakse aga õppetöö tõhusust õppeprotsessi ajal, mis hõlmab ka õpetamise jõupingutusi. Kohandatud valem kajastab õppetöö tulemuslikkuse asemel hoopiski õpetamise tulemuslikkust (van Gog, Paas, 2008).

Raske on tõlgendada vaimse pingutuse hindamiskaalasid õppimise faasis, kuna ei tea, kui palju ja mis protsessidega õppija õppimisel ajal pingutab. Teatakse ainult, et õpetamisstiilide erinevus on väga suur mõjutaja, seega oleneb õppimisingutus õpetamisstiilist. Sellest võib järeldada, et peale õppimise faasi järgnevas testimise faasis, kus kõigi õppijate probleemid on samasugused, tuleneb vaimne pingutus peamiselt nende teadmistest, mis lubab testi faasis teha rohkem tõlgendusi vaimse pingutuse ja selle tingimuste kohta (van Gog, Paas, 2008).

Õppetöö tõhususe originaal- ja kohandatud valemi vahel on suur erinevus. Õppetöö tõhususe originaalvalem määratleb õppetöö tõhususe õpitulemuste kaudu. Samas õppetöö tõhususe kohandatud valem määratleb õppetöö tõhususe õppeprotsessi kaudu. Seega saab neid valemeid kasutades teha erinevaid järeldusi (Sweller, Ayres, Kalyuga, 2011).

Samas on Hoffman ja Schraw (2010) kindlaks määranud, et õppetöö tõhususe valemite kasutamine on probleemne. Hoffman ja Schraw tõid välja, et Paasi ja Merriënboeri (1993) õppetöö tõhususe originaalvalem on tegelikult hälbega mudel, sest see põhineb õppetöö standardiseeritud tulemuste ja vaimse pingutuse punktide vahel. Nad väitsid, et kahe kontseptuaalselt niivõrd erineva muutuja vahe järgi on raske järeldusi teha. Nende meelest võiks samahästi arvutada inimeste z-skoorid kehakaalu ja intelligentsuse järgi (Paas, Merriënboer, 1993). Hoffman ja Schraw (2010) väidavad, et on raske selgeks teha, mida täpselt õppetöö tõhususe valemite tulemused näitavad.

#### **1.4. Uurimuslik õpe**

Uurimuslik õpe (*inquiry learning*) kujunes välja avastusõppest (*discovery learning*), mis pärineb Bruneri (1961) tööst. Nii avastusõpe kui ka uurimuslik õpe on sarnased õppeprotsessid, kus õppija viib läbi eksperimente või vaatlusi, mille käigus õpib uusi seaduspärasusi või protsesse (de Jong, van Joolingen, 1998; Zachos jt, 2000; Wilhelm, 2001). Bruner (1961) leidis, et õppimise tulemuslikkuse tagab eelkõige õpilaste sisemine motivatsioon, mitte hinded või hilisem kasu. See tähendab, et õpilastes tuleb tekitada soov midagi uut avastada. Bruneri järgi on avastamine (*discovery*) protsess, mille käigus õpilane omandab uusi teadmisi, püstitades hüpoteese ja kontrollides neid katsete või vaatluste kaudu. Samas väidab Pedaste (2006), et uurimuslik õpe ja avastusõpe on erinevad: avastusõppes avastab õppija õpitava seaduspärasuse või protsessi, uurimuslikus õppes arendatakse aga samade seaduspärasuste või protsesside avastamiseks vajaminevaid oskusi.

Keselman (2003) väidab, et uurimuslik õpe innustab laste loomulikku uudishimu, edendab teaduslikku tegevust, sh intellektuaalsete väärtuste kujunemist ja maailmapildi avardamist, olles ise teadlane ja saades isetegevuse kaudu uusi teadmisi. Wilhelm (2001) väidab, et uurimusliku õppe abil saavad õpilased looduslikest protsessidest paremini aru ja suudavad saadud teadmisi rakendada ka uute sarnaste probleemide lahendamiseks.

De Jong ja Njoo (1992) eristasid uurimuslikus õppes kaht protsessi: transformatiivsed ja regulatiivsed protsessid. Transformatiivsed protsessid on tegevused, mida tuleb järjest läbida, et jõuda teadusliku küsimuse vastuseks olevate järeldusteni. Regulatiivsed protsessid on transformatiivsetega seonduvad protsessid, mis aitavad tagada iga uurimusliku õppe etapi edukuse (Pedaste, Sarapuu, Mäeots, 2009). Käesolevas töös võeti aluseks Pedaste (2006) mainitud uurimusliku õppe transformatiivsed protsessid.

Pedaste (2006) defineeris oma doktoritöös eri uurijate teooriate põhjal järgnevad transformatiivsed protsessid:

1. Probleemi määratlemine – situatsiooni põhjal sõnastatakse üldine probleem.
2. Uurimisküsimuste sõnastamine – konkreetse eksperimendi või vaatluse abil sõnastatakse kontrollitav küsimus. Uurimisküsimuse sõnastamisel tuleb leida mõõdetav mõjutegur ja mõõdetav tunnus, millele avalduvat mõju soovitakse uurida.
3. Hüpoteeside püstitamine – lähtuvalt taustinformatsioonist sõnastatakse uurimisküsimusele vastuseks olev teaduslik oletus.
4. Katse planeerimine – uurimisküsimuste vastamiseks ja hüpoteeside kontrollimiseks planeeritakse eksperiment või vaatlus.
5. Katse läbiviimine/andmete kogumine – mõõtmistega kontrollitakse uurimisobjekti mõjutavat tegurit.
6. Tulemuste analüüsimine ja tõlgendamine – leitakse vaadeldavat protsessi kirjeldavad seosed ja kontrollitakse hüpoteeside vastavust tulemuste põhjal tehtud järeldustele.
7. Järelduste esitamine – sõnastatakse järeldused, seostatakse neid algse probleemiga, pakkudes välja probleemi lahenduse ja esitades seda teistele arusaadaval viisil.

Uue gümnaasiumi riikliku õppekava lisa 4 (2010) järgi saab öelda, et loodusteaduste õpetamisel on uurimuslikul õppel üha suurem roll. Näiteks viidatakse õppekavas, et uurimusliku õppe rakendamine arendab õpi- ja ettevõtlikkuspädevust. Õpipädevust arendavad uurimuslikus õppes kasutatavad etapid, mida rakendades õpivad õpilased probleeme ja uurimisküsimusi sõnastama, katseid ja vaatlusi planeerima ning läbi viima, loodusteaduslikku infot leidma ning kokkuvõtteid tegema. Ettevõtlikkuspädevust arendavad uurimuslikus õppes rakendatavad katsete ja vaatluste planeerimine ning andmete analüüsimine.

Erlandson, Nelson ja Savenye (2010) selgitavad, et virtuaalkeskonnad on väga tõhusad platvormid, kus uurimuslikku õpet läbi viia. Autorid möönavad, et virtuaalkeskonnad võivad tekitada õpilastele kognitiivset ülekoormust, sest nendes keskkondades on ohtralt informatsiooni (Erlandson, Nelson, Savenye, 2010). Samas on väidetud, et kognitiivset koormust vähendab õpilaste omavaheline suhtlus virtuaalkeskonnas. Uurijad on välja töötanud meetodi, millega vähendatakse virtuaalkeskonnas välist kognitiivset koormust ja muudetakse õpe õpilastele tähendusrikkamaks (Mayer, 2005; Mayer, Moreno, 1999).

Nelson ja Erlandson (2008) väidavad, et uurimuslikus õppes on lisaks sisule sama tähtsal kohal virtuaalkeskonna disain, mis võimaldab vähendada välist kognitiivset koormust. Nad selgitavad, et tähtis on õppematerjali ühtsuse põhimõte (*coherence principle*), kus sama õppematerjali esitatakse eri viisidel: selgitava tekstina, audiovisuaalselt, andmestikuna jne. Peab arvestama ka modaalsuse põhimõttega (*modality principle*), kus kirjeldava teksti asemel kasutatakse ülesannete kirjeldamiseks salvestatud kõnet. Piirnevuse põhimõtte (*contiguity*

*principle*) järgi peavad kirjeldavad pildid olema seoses kirjeldavate sõnadega. Tükelduvuse põhimõte (*segmenting principle*) arvestab virtuaalkeskonnas uurimuslikku õpet läbides iga õpilase oma tempot ja eelkoolituse põhimõte (*pre-training principle*) arvestab õpilase eelnevaid teadmisi. Nendest lähtuvalt saab uurimusliku õppe virtuaalkeskonda kohandada. Kui neid aspekte arvestada, saab virtuaalkeskonnas uurimuslikku õpet väga tõhusalt läbi viia (Nelson, Erlandson 2008).

## **1.5. Uurimuslik õpe virtuaalkeskonnas**

Arvuti ja interneti sagedama kasutusega on ka loodusteaduslikes ainetes uurimuslikus õppes arvutit aina sagedamini kasutama hakatud. Uurimuslikus õppes on arvuti kasutamine saanud loodusteaduslike ainete õppekavade osaks (Rutten, van Joolingen, van der Veen, 2011). Lajoie (2000) arvates kasutatakse arvuteid, et anda õpilastele keerulist infot edasi jutu ja pildi abil. Arvutitega on võimalik õpetada looduslikke protsesse, mida pole võimalik realselt klassiruumis teostada ega hoomata, kuna need on liiga kiired või ulatuslikud (Pedaste, Sarapuu, Mäeots, 2009).

Selleks kasutatakse arvutisimulatsioone, mida defineeritakse kui „programmi, mis sisaldab süsteemi mudelit (looduslik või tehislik, nt seadmed) või protsesse“ (de Jong, van Joolingen, 1998). Akpani (2001) järgi võimaldab loodusteadustes arvutisimulatsioonide kasutamine kõrgemat õpitulemust, kui oli varem võimalik. Võrreldes paberõpikutega ja loengutega võimaldab arvutisimulatsioonidega õpikeskkond õppijatel süstemaatiliselt, ilma lisastressi tekitamata, uurida hüpoteetilisi situatsioone, mõjutada lihtsustatud protsessi või süsteemi, muuta sündmuste ajaskaalat, harjutada ülesandeid ning lahendada probleeme realistlikus keskkonnas (van Berkum, de Jong, 1991). Kui õpilane saab aru, et simulatsioonis tehtud ennustusi kinnitavad hilisemad sündmused, mõistab õpilane sündmuste põhjusi. Nii saab simuleeritud nähtusest skemaatiliselt paremini aru (Windschitl, Andre, 1998).

Õpetajaid ajendavad arvutisimulatsioonide kasutamine mitmed põhjused. Esiteks ajasäästmine, kuna arvutisimulatsioonid lubavad õpetajatel pühendada õpilastele rohkem aega, mis kuluks muidu eksperimentide ettevalmistuseks ja kontrollimiseks. Teiseks on eksperimentaalseid muutujaid lihtne mõjutada, nii saab teha ja testida eri hüpoteese. Kolmandaks võimaldavad arusaamist toetavad vahendid tulemusi erinevalt esitada, nt graafikute või diagrammidega (Blake, Scanlon, 2007).

De Jong ja van Joolingen (1998) eristavad arvutisimulatsioonides kahte tüüpi mudeleid:

- kontseptuaalne mudel (*conceptual model*) – suunatud teadmiste omandamisele;

- operatiivne mudel (*operational model*) – suunatud konkreetsete tegevuste õppimisele.

McLeod (1989) iseloomustab arvutisimulatsioone:

- arvutisimulatsioon on esitatud lihtsustatud mudelina, mis esitab nähtuse, protsessi või süsteemi;
- arvutisimulatsiooni eesmärk võib olla teadmiste edasiandmine;
- arvutisimulatsiooniga on võimalik arendada uurimuslikke oskusi;
- arvutisimulatsiooniga töötades on õpilane aktiivselt õppeprotsessis;
- arvutisimulatsiooniga on võimalik pakkuda õpilasele individuaalset lähenemist, mille kaudu paranevad õpitulemused.

Kõikidele arvutisimulatsioonidele omadustele vastab SCY ökoloogiamissioon, mis on ehitatud uurimusliku õppe põhimõtetele, kus õpilased peavad määrama probleemi, kirjutama uurimisküsimuse, sõnastama hüpoteesi, planeerima katse, koguma katse andmeid, analüüsima ja tõlgendama tulemusi ning sõnastama järelduse. SCY ökoloogiamissioon valiti uurimisvahendiks, sest see vastab uurimusliku õppe ja arvutisimulatsiooni omadustele. Tuginedes SCY ökoloogiamissiooni omadustele, töötati välja paber kandjal tööleht, mis sarnaneb SCY ökoloogiamissiooniga.

Kuigi on palju eeliseid, miks kasutada arvutisimulatsioone, on väga vähe viidatud arvutisimulatsioonide puudustele. Wangi ja Chani (1995) põhjal on arvutisimulatsioonide üheks suuremaks puuduseks inimeste vähenenud reaalne interaktsioon. Samas kipuvad ka õpetajad arvutisimulatsioone väärkasutama, kui nad ei tarvita neid eesmärgipäraselt. Lisaks on väidetud, et arvuti olemasolu kodus viib õpilaste matemaatika- ja lugemisoskuse alla (Vidgor, Ladd, 2010). Warschauer ja Meskill (2000) nimetavad arvutisimulatsioonide kasutamise kolm peamist puudust:

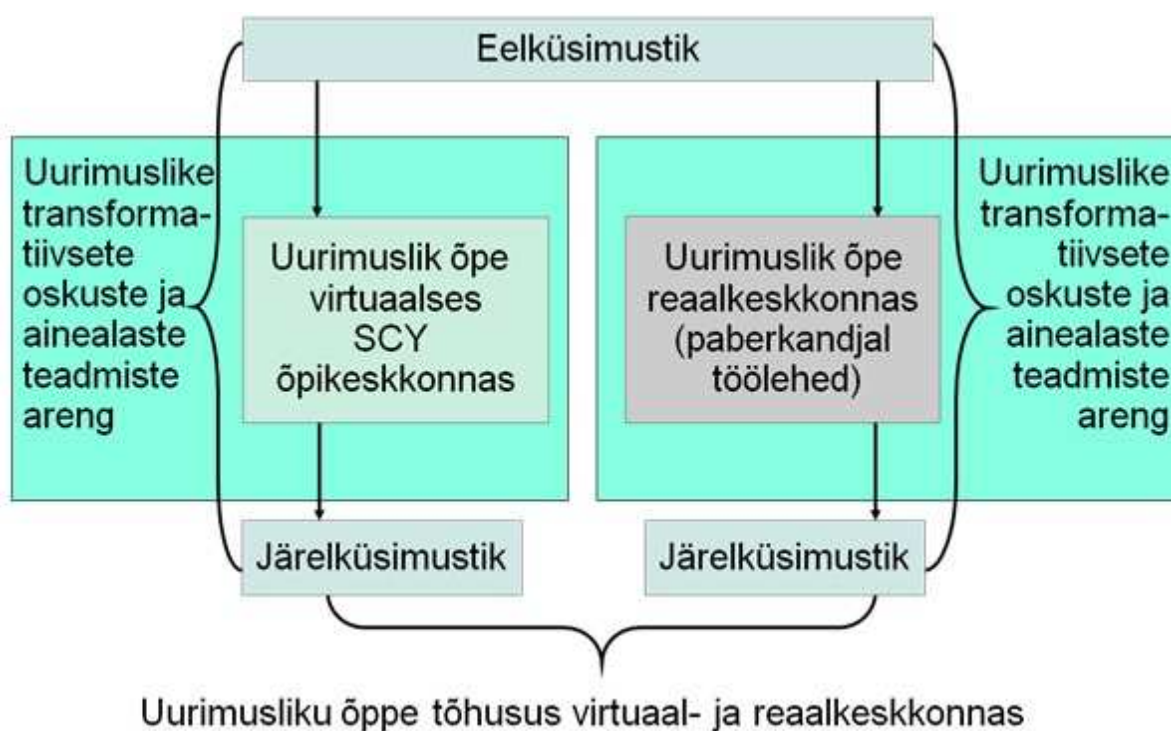
1. raha investeerimine – arvutitesse ja -simulatsioonidesse investeerimine võib olla lühiajaline, sest need muutuvad väga kiiresti;
2. aja investeerimine – arvutisimulatsioonide õppimine võtab palju aega ja uued arvutisimulatsioonid võivad õpilaste ja õpetajate aega hoopiski kulutada, mitte säästa;
3. tulemuste ebakindlus – ei ole kindlaid tulemusi, et kõik arvutisimulatsioonid töötavad kõikjal ühtemoodi. Õpetajad, õpilased ja haridusorganisatsioonid investeerivad palju aega ja raha arvutisimulatsioonidesse, teadmata kindlalt, kas saadakse oodatud tulemused või ei.

## 2. Metoodika

Selles peatükis tutvustatakse uurimuse disaini, saamaks vastuseid magistritöö uurimusküsimustele. Lisaks kirjeldatakse magistritöö valimit ning eel- ja järelküsimustiku koostamise põhimõtteid ning struktuuri. Toodud on SCY ökoloogiamissiooni ülesanded ja SCY ökoloogiamissioonile vastavad paber kandjal töölehtede põhimõtted. Lõpuks kirjeldatakse eel- ja järelküsimustiku hindamise põhimõtteid, subjektiivse kognitiivse koormuse skaalasisid, ainealaste teadmiste hindamise põhimõtteid, õppetöö tõhususe mõõtmise metoodikat ning andmeanalüüsi põhimõtteid.

### 2.1. Uuringu disain

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks koostati piloot- ja põhiuuringu disain (joonis 2), millega saaks vastused uurimisküsimustele.



**Joonis 2.** Uuringu disain piloot- ja põhiuuringus

Pilootuuring viidi läbi 2012. aasta detsembrist kuni 2013. aasta veebruarini. Valimi suuruseks oli 23 õpilast, kellest 8 olid Hugo Treffneri Gümnaasiumi 11. klassi õpilased ja 15 Tartu Forseliuse Gümnaasiumi 12. klassi õpilased.

Pilootuuringu eesmärgid olid:

1. Uurida ajakasutust eel- ja järelküsimustiku täitmisel ning virtuaal- (SCY õpikeskkonna) ja reaalkeskkonna (paber kandjal töölehtede) rakendamisel.

2. Uurida küsimustikest ja töölehtedest arusaamist.
3. Leida vastus, kumb õppetöö tõhususe valem vastab paremini magistritöö eesmärkidele ja on ajalises mõttes efektiivsem.

Pilootuuringus täitsid õpilased enne ja pärast õpikeskkonna ning töölehtede kasutamist küsimustiku transformatiivsete uurimuslike oskuste ning ainealaste teadmiste hindamiseks. Eel- ja järelküsimustikus ning õpikeskkonna juhendis ja töölehtedel olid subjektiivse kognitiivse koormuse skaalad, mille õpilased täitsid pärast ülesannet. Samuti jälgiti, kui kaua võtavad aega eelküsimustik, õppeprotsess ja järelküsimustik. Kirja pandi algus- ja lõpuaeg. Pilootuurimuses paluti õpilastel lisada enda kommentaarid nii eelküsimustikule, õpiprotsessi töölehtedele kui ka järelküsimustikule.

Pilootuuringu põhjal olid vajalikud järgmised muudatused:

- Muudeti eel- ja järelküsimustiku probleemi, katse planeerimise ja tulemuste analüüsi osa. Samuti täpsustati nii probleemülesandeid kui ka ainealaseid küsimusi.
- Õppeprotsessis jäeti välja õppetöö kohandatud valem ja sellele vastavad subjektiivsed kognitiivsed skaalad töölehtedel, sest õppetöö kohandatud valem ei vasta magistritöö uurimisküsimustele, nõudis liialt aega ja segas õppeprotsessi.

Pärast pilootuuringu põhjal tehtud muudatusi võttis põhiuuringu eelküsimustik aega ühe koolitundi ning õppeprotsessi läbimine ja järelküsimustiku täitmine kestsid kaks koolitundi.

Lähtuvalt uuringu disainist koosneb põhiuuring eelküsimustikust, uurimuslikust õppest SCY virtuaalkeskkonnas ökoloogiainissioonil või uurimuslikust õppest reaalkeskkonnas, milles tehti SCY ökoloogiainissioonist paberikandjal töölehed, ja järelküsimustikust. Ökoloogiainissioon keskendus nii SCY keskkonnas kui ka paberil töölehtedel fotosünteesi tähtsusele ökoloogilises elukeskkonnas peale naftareostust, mis takistab päikesevalgusel taimedeni pääseda. Lisaks õpiti, kuidas taimede suremus mõjutab teisi samas ökoloogilises elukeskkonnas elavaid liike. Eel- ja järelküsimustik põhinesid uurimusliku õppe põhimõtetel, sisaldades järgmisi etappe: probleemi määratlemine, uurimusküsimuse sõnastamine, hüpoteesi püstitamine, katse planeerimine, andmete analüüs, järelduste tegemine, probleemi lahendamine. Eel- ja järelküsimustikku olid lisatud ka ainealaste teadmiste küsimused teema (fotosünteesi) kohta ning kognitiivset koormust mõõtvad skaalad. Eel- ja järelküsimustikus erinesid probleemülesandes esitatud situatsioonid. Ülejäänud küsimustiku osad olid eel- ja järelküsimustikus sarnase ehitusega, et uurida transformatiivseid oskusi ja ainealaseid teadmisi enne ja pärast uurimusliku õppe läbimist.

## 2.2. Valim

Uuringu valim koostati mugavusvalimi põhimõttel. Mugavusvalim (*convenience sampling*) on mittetõenäosuslik valim, mille puhul saab järeldusi teha ainult konkreetse valimi piires (Gall, Borg, Gall, 1996; Cohen, Manion, Morrison, 2007).

Magistritöö valimi moodustasid viie kooli (Hugo Treffneri Gümnaasium, Tartu Tamme Gümnaasium, Tartu Forseliuse Gümnaasium, Tartu Kivilinna Gümnaasium ja Tartu Jaan Poska Gümnaasium) kümnest kuni kaheistkümnenda klassi 60 õpilast. Siinkohal oli tähtis, et õpilased oleksid eelnevalt bioloogiainet läbinud fotosünteesi teema. Eelküsimumstiku järgi jagati transformatiivsete oskuste ja subjektiivse kognitiivse koormuse põhjal õpilased kahte gruppi – mõlemas grupis on 30 õpilast ning ühes grupis olijate transformatiivsete oskuste tulemused on võrdsed. Üks grupp läbis uurimusliku õppe virtuaalkeskonnas, teine grupp paberil töölehtede abil. Valimisse ei arvestatud õpilasi, kellel jäi eelküsimumstik, õppetöö või järelküsimumstik tegemata. Algselt oli uuringus 77 õpilast, kellest 17-l (22%) jäi mingi osa uuringust tegemata ja seetõttu neid ei arvestatud valimisse. Uuring viidi läbi 2013. aastal, veebruarist kuni maini.

## 2.3. Eel- ja järelküsimumstik

Uuringus osalenud õpilased täitsid esimeses koolitunnis eelküsimumstiku (lisa 1). Eelküsimumstiku järgi määrati õpilaste transformatiivsed oskused ja uuritava bioloogiateadmise algtaase. Järelküsimumstiku (lisa 3) täitsid õpilased kolmandas koolitunnis, mis järgnes kohe pärast uurimuslikku õppetööd. Järelküsimumstikuga tehti kindlaks uuringus osalenud õpilaste transformatiivsete oskuste lõpptase, subjektiivse kognitiivse koormuse tase uurimusliku õppe etappe läbides, ja uuritava bioloogiateadmise lõpptase. Eel- ja järelküsimumstiku võrdlemisel tehti kindlaks uuringus osalenud õpilaste transformatiivsete oskuste ja uuritava ainealase bioloogiateadmise tase enne ja pärast õppeprotsessi läbimist. Järelküsimumstikus olevate subjektiivsete kognitiivsete koormuste skaalade tulemuste ja transformatiivsete oskuste tulemuste abil arvutati uurimusliku õppe virtuaalkeskonnas ja paberil töölehtedel läbinud gruppide õppetöö tõhusused. Eel- ja järelküsimumstiku probleemülesanded põhinesid pärmseente kasvamisel, pooldumisel ja suremisel, mille tagajärjel tootis pärmseen etanooli (lisa 1; lisa 3).

Küsimumstik koostati nii, et saaks uurida õpilaste transformatiivseid oskuseid ja nende arengut eel- ja järelküsimumstiku põhjal. Seega pidi küsimumstik sisaldama uurimuslike transformatiivsete oskuste etappe (Pedaste, 2006), mida kohendati ümber vastavalt magistritöö eesmärkidele ja uurimisküsimumstetele:

- probleemi püstitamine – õpilastele esitati situatsiooninarratiiv, kus teleseriaalist „Simpsonid“ tuntud tegelased Lisa Simpson (eelküsimumstik) ja Marge Simpson (järelküsimumstik) olid seotud pärmirakkude elutegevusega. Peale situatsiooninarratiivi lugemist pidid uuringus osalenud õpilased vastama situatsiooni põhjal küsimusele, mis tõstatab probleemi;
- selgitav tekst – informatiivne tekst, kus tutvustati pärmseente elutsükli ja populatsiooni arvukust, mis on korrelatsioonis toodetava etanooli hulgaga;
- uurimisküsimumuse sõnastamine – selles etapis pidid õpilased koostama uurimisküsimumuse, mis lähtuks püstitatud probleemist ja selgitavast tekstist;
- hüpoteesi püstitamine – õpilased pidid kirjutama oletatava vastuse, mis lähtuks probleemist, selgitavast tekstist ja uurimisküsimumusest;
- katse planeerimine – õpilased pidid valima nimekirjast sobivad katsevahendid ja kirjeldama katse läbi viimist;
- katse läbiviimine – aja kokkuhoidmiseks ja lihtsustamiseks jäeti see etapp vahele;
- tulemuste analüüs – kuna katse läbiviimise etapp jäeti vahele, anti tulemuste andmestik õpilastele ette. Selle põhjal analüüsisid õpilased andmeid ja koostasid graafiku. Lisaks pidid nad esitama tulemuste tõlgenduse, kus nad vastasid kolmele küsimusele tulemuste analüüsi andmete kohta. Pidi selguma ka nende arusaamine anomaaliast (ühtlases faasis tekib juurde samapalju pärmirakke kui sureb, st ühtegi pärmirakku ei teki juurde ja nende arv jääb samaks);
- järelduste tegemine – õpilased pidid sõnastama väite, mis põhineb tulemuste analüüsil ja vastab uurimisküsimumusele;
- probleemi lahendus – õpilased pidid leidma esialgsele probleemile lahenduse, mis põhineks eelnevalt läbitud etappidel.

Transformatiivsete oskuste hindamiseks kasutati Margus Pedaste ja Tago Sarapuu hindamisjuhendit „Uurimuslike oskuste arendamine ja hindamine bioloogias“, mida kohendati ümber käesoleva magistritöö tarbeks (lisa 4).

Lisaks uuriti eel- ja järelküsimumstikuga bioloogiateadmise (fotosünteesi) alg- ja lõpptaset ning taseme arengut. Kahe eri uurimusliku õpikeskkonna (reaal- ja virtuaalkeskkonna) läbinuid võrreldi omavahel. Uurimusliku õppe läbiviimiseks oli tähtis, et kõik õpilased oleksid fotosünteesi teema enne koolis läbinud. Ainealaste teadmiste kohta küsiti:

- Mis on fotosüntees?
- Mida on vaja, et fotosüntees taimedes toimuks?

- Nimeta kaks fotosünteesi saadust.
- Mis taimeorganism toimub fotosünteesis?

Ainealaste teadmiste hindamiseks määrati pilootuurimuses õigete vastuste maksimaalne määr, mille järgi hinnati põhiuurimuses ainealaste teadmiste õigete vastuste summa (lisa 4).

Uurimusliku õppe transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste etapi lõpus olid raskusastme järgi kasvavad subjektiivse kognitiivse koormuse skaalad. Subjektiivsed kognitiivsed skaalad on usaldusväärsed (Paas, Merriënboer, 1994a), kajastades õpilaste hakkamasaamist erinevate uurimusliku õppe transformatiivsete oskuste etappidega. Skaalad olid ühe ja seitsme vahel, kus üks näitas, et subjektiivne kognitiivne koormus oli väga väike, ja seitse näitas, et subjektiivne kognitiivne koormus oli väga suur. Uurimistöö lihtsustamiseks paluti õpilastel ainult täisarvuline väärtus välja kirjutada. Nimetatud skaaladega küsimusi oli viis:

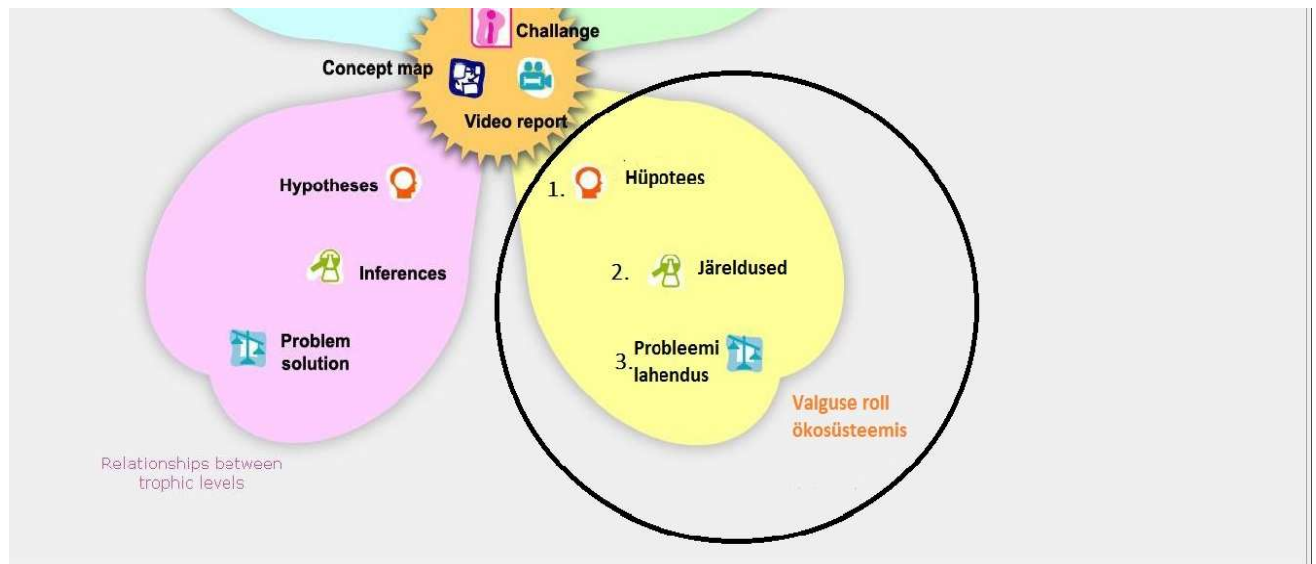
1. Kui palju pidid Sa selles osas pingutama?
2. Kui palju Sa selles osas kiirustasid?
3. Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?
4. Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?
5. Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?

Subjektiivsed kognitiivsed skaalad olid vajalikud, et hiljem arvutada välja reaali- ja virtuaalkeskkonnas õppe läbinud õpilasgruppide töö tõhusus ning võrrelda neid omavahel, vastamaks magistratöö uurimisküsimusele.

#### **2.4. SCY ökoloogiainissioon ja tööleht**

Uuringus kasutati virtuaalse õpikeskkonnaga SCY ökoloogiainissiooni. Vastavalt SCY ökoloogiainissioonile töötati välja sarnane paberikandjal tööleht (lisa 2). Uuringus osalenud õpilased täitsid SCY ökoloogiainissiooni või paberikandjal töölehte teise tunni ajal. Nii SCY kui ka töölehtede eesmärk oli toetada õpilaste transformatiivsete oskuste arendamist erinevates õpikeskkondades, seega pidid mõlemad vastama uurimusliku õppe etappidele. Mõlema keskkonna teemad olid fotosüntees ja selle mõju veeökosüsteemile, kui fotosüntees taimedes naftareostuse tõttu lakkab (valgus on blokeeritud). Niiviisi surevad välja esmased tootjad, kelle pärast pidid teised tarbijad ökosüsteemist lahkuma. Selgitati, et ainukesed kasusaajad on lagundajad. SCY ökoloogiainissiooni läbimiseks koostati juhend, et õpilastel oleks virtuaalkeskkonnas kergem orienteeruda ja uurimusliku õppe etappe läbida.

SCY ökoloogiamissioon koosneb kolmest suurest osast: hüpotees (1), järeldused (2) ja probleemi lahendus (3) (joonis 3). Klõpsates nende peale, avaneb kõigepealt „kardin“, kus on tööjuhend eesti keeles, illustreeriv video probleemist (<http://youtu.be/v5KIdm6feLk>) ja lisainformatsioon, kuidas seda tööetappi koostada. Lisainformatsiooni on õpilastel võimalik alati vaadata tööetapi akna kõrval asuvast „sahtlist“. Paberil töölehel muudeti illustreeriv video selgitavaks tekstiks (lisa 2).



**Joonis 3.** SCY peamenüü ehk „õis“

Iga kolme suure osa (hüpotees, järeldused, probleemi lahendus) alla kuulusid alateemad, mida oli vaja täita:

- Hüpotees – probleemi määratlemine, uurimisküsimuse sõnastamine, hüpoteesi püstitamine.
- Järeldused – katse planeerimine, tulemused, tulemuste analüüs ja tõlgendamine.
- Probleemi lahendus – järelduste tegemine, probleemi lahendus.

Iga etapi juures on võimalik tagasi pöörduda eelnevale etapile ja teha korrekture.

## 2.5. Andmeanalüüs

Magistritöös kasutatakse andmete kogumiseks eel- ja järelküsimustikku, mis sisaldavad transformatiivsete oskuste etappe, subjektiivseid kognitiivse koormuse skaalasid ja küsimusi aineteadmiste kohta. Uuringus kogutud vastused hinnati numbriliseks väärtuseks. Andmed sisestati programmiga MS Excel, kus neid korrastati ja tehti õppetöö tõhususe analüüs.

Statistiliseks analüüsiks kasutati programmi SPSS 20 (*Statistical Package for Social Studies*), millega tehti Wilcoxon test (*The Wilcoxon test*) (Wilcoxon, 1945). Wilcoxon test valiti

seetõttu, et andmestik ei vastanud normaaljaotusele. Selle testiga võrreldi eel- ja järelküsimustikku, et saada vastus magistritöö kahele uurimisküsimusele:

- Kuidas mõjutab virtuaalne õpikeskkond SCY õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?
- Mil määral mõjutab uurimuslik õpe reaalkeskkonnas õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?

Õppetöö tõhususe originaalvalemiga (Paas, van Merriënboer, 1993) arvatati välja virtuaalkeskkonna ja reaalkeskkonna õppetöö tõhusused, mis on vastuseks kolmandale uurimusküsimusele:

- Kui tõhus on uurimuslik õpe virtuaal- ja reaalkeskkonnas?

### **3. Tulemused ja arutelu**

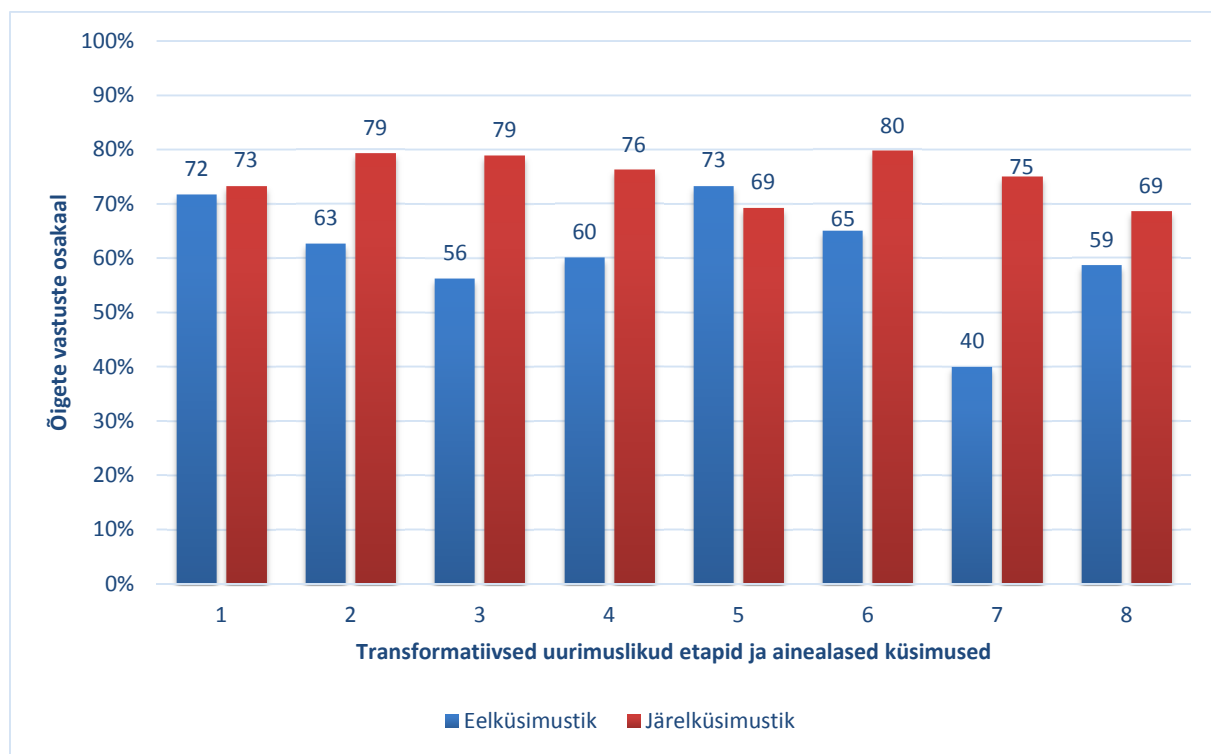
Magistritöö uurib, kuidas virtuaal- ja reaalkeskkonnas toimunud õpe arendab õpilaste transformatiivseid oskusi ning ainealaseid teadmisi. Lisaks püüab magistritöö rakendada õppetöö tõhususe originaalvalemite (Paas, van Merriënboer, 1993), et leida, kumb õpikeskkond on tõhusam. Tulemuste ja arutelu peatükk on üles ehitatud nii, et see vastaks magistritöö uurimisküsimustele.

#### **3.1. Uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng virtuaalkeskkonnas**

Et saada vastust magistritöö esimesele uurimisküsimusele (Kuidas mõjutab virtuaalne õpikeskkond SCY õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?) analüüsiti 30 uuringus osalenud õpilase eel- ja järelküsimustiku andmeid. Õpilased läbisid uurimusliku õppe virtuaalkeskkonnas, kus olid transformatiivsed uurimusliku õppe etapid ja aineteadmiste küsimused. Eel- ja järelküsimustiku transformatiivsed uurimusliku õppe etapid ja aineteadmise küsimused hinnati hindamisjuhendi järgi (lisa 4).

Joonis 4 näitab, et õpilased said eelküsimustikus kõige kõrgema õigete vastuste osakaalu probleemi määratlemise etapis (73%), sellele järgnesid andmete analüüsimine ja tõlgendamine (72%). Peale uurimusliku õppe läbimist virtuaalkeskkonnas ei muutunud probleemi määratlemise õigete vastuste osakaal märgatavalt (73%), seevastu andmete analüüsi ja tõlgendamise osakaal hoopis vähenes (69%), mis võib tingitud sellest, et SCY uurimuslikus õpikeskkonnas moodustatakse andmete graafik automaatselt. Seega ei pidanud õpilane eriti kaua keskenduma tulemuste analüüsimisele. Eelküsimustikus tuli välja, et õpilastele tekitas raskusi probleemi lahenduse sõnastamine (40%), kus pidi ühendama läbitud uurimuslikud etapid. Probleemi lahenduse sõnastamise õigete vastuste osakaal järelküsimustikus paranes kõige enam, järelküsimustikus oli õigete vastuste osakaal 75%. McKagan jt (2009) uurisid füüsika kursuse läbimist virtuaalkeskkonnas. Nad täheldasid, et uurimuslike etappide tulemused paranesid märgatavalt. Ainuke, mis ei paranenud märgatavalt, oli tulemuste tõlgendamine. Nad pakkusid põhjenduseks, et õpilastel pole tulemuste vaatlemiseks piisavalt põhjendamise oskusi (McKagan jt, 2009). Nagu eespool mainiti, siis peale virtuaalkeskkonna uurimusliku õppe läbimist langes õpilaste andmete analüüsi ja tõlgendamise õigete vastuste osakaal, mis oli eelküsimustikus kõige paremini vastatud etapp (73%). Samas järelküsimuste tegemise õigete vastuste osakaal tõusis 15% peale virtuaalkeskkonnas uurimusliku õppe läbimist. Kui eelküsimustikus oli õigete vastuste osakaal üle poole, siis peale virtuaalkeskkonna uurimusliku õppe läbimist tõusis hüpoteesi püstitamise õigete osakaal märgatavalt (79%).

Ainealaste teadmiste õigete vastuste osakaal tõusis õpilastel 10%, mis võib näidata, et õpilased said virtuaalkeskonnas uurimuslikus õppes teada üsna vähe, sest nende eelteadmised oli üsna kõrged (59%).



**Joonis 4.** Eel- ja järelküsimumstiku õigete vastuste osakaal virtuaalkeskonnas uurimusliku õppe läbinud õpilaste seas (n=30). 1 – probleemi määratlemine, 2 – uurimisküsimuse sõnastamine, 3 – hüpoteesi püstitamine, 4 – katse planeerimine, 5 – andmete analüüs ja tõlgendamine, 6 – järelduse tegemine, 7 – probleemi lahendus, 8 – ainealased teadmised.

Wilcoxon'i testiga (tabel 1) leiti, millised transformatiivsed uurimuslikud oskused arenesid õpilastel statistiliselt olulisel määral eel- ja järelküsimumstiku võrdluses, kui vahepeal oli virtuaalkeskonnas läbitud uurimuslik õpe. Tabelis on toodud välja need etapid, mis arenesid õpilastel statistiliselt olulisel määral.

**Tabel 1.** Transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng virtuaalkeskonnas uurimusliku õppe läbinud õpilaste seas (n=30).

Transformatiivsed oskused	Positiivsed muutused	Negatiivsed muutused	Muutuseta	Z	P
Hüpoteesi sõnastamine	21	3	6	-2,9	<0,05
Katse planeerimine	25	1	4	-4,1	<0,001
Järelduse tegemine	15	3	12	-2,8	<0,01
Probleemi lahendus	17	3	10	-3,3	<0,01
Ainealased teadmised	16	4	10	-2,4	<0,05

Joonisel 4 selgub, et ainealaste teadmiste õigete vastuste osakaal tõusis järelküsimumstikus võrreldes eelküsimumstega ainult 10%. Wilcoxonit test (tabel 1) kinnitab, et tegemist on statistiliselt olulise muutusega ( $Z=-2,4$ ;  $p<0,05$ ). Protsentuaalselt tõusis kõige enam uurimuslik transformatiivne oskus katse planeerimises, selle arengut kinnitab ka Wilcoxonit test ( $Z=-4,1$ ;  $p<0,001$ ). Mäeots, Pedaste ja Sarapuu (2009) leiavad, et katse planeerimine on üks transformatiivsetest oskustest, mis paraneb õpilastel peale virtuaalkeskonnas uurimusliku õppe läbimist kõige enam. Seda võib näha ka siinses magistritöös.

Järelduse tegemise ( $Z=-2,8$ ;  $p<0,01$ ) ja probleemi lahendamise ( $Z=-3,3$ ;  $p<0,01$ ) oskuste muutuse põhjuseks võis olla, et tegemist on süstemaatilise ülesehitusega, mida gümnaasiumi õpilased hoomavad paremini kui põhikooli õpilased. Kui de Jong ja van Jooligen (1998) märgivad, et õpilastel on tavaliselt järeldusi raske teha, siis praegusel juhul võis olulist rolli mängida ka see, et SCY õpikeskkond tegi graafiku õpilaste eest automaatselt ära. Graafikut oli nii hiljem kergem jälgida. Sama on ka järeldanud Mäeots, Pedaste ja Sarapuu (2008), et graafiline esitus andmetest kergendab järelduste tegemist. Niiviisi võib olla kergem probleemile lahendust leida. Probleemi lahendamise õigete vastuste osakaalu järelküsimumstikus on näha joonisel 4

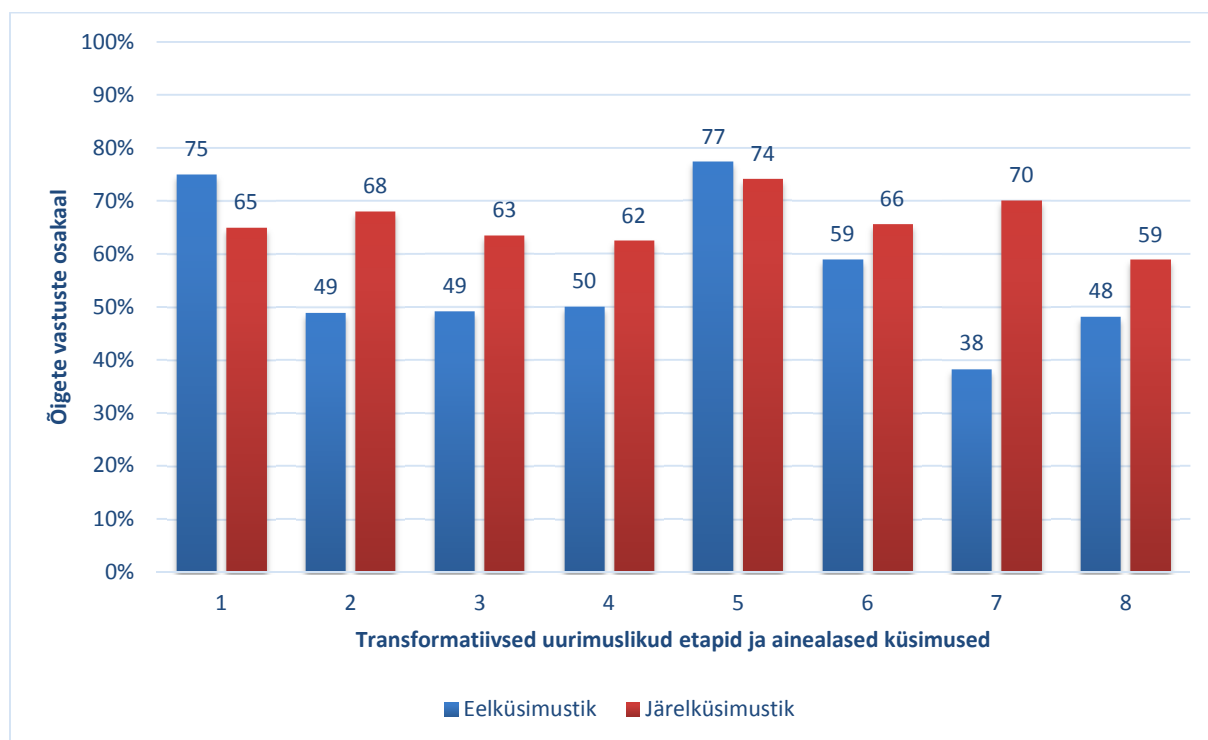
Hüpoteesi sõnastamise ( $Z=-2,8$ ;  $p<0,05$ ) statistilise muutuse põhjus võib olla, et nagu eelnevalt öeldud, oli õpilasel võimalik väga lihtsalt lugeda lisainformatsiooni, kuidas hüpoteesi sõnastamine käib, see oli neile ette näidatud.

Statistiliselt oluliselt arenesid järgmised transformatiivsed uurimuslikud oskused: hüpoteesi sõnastamine, katse planeerimine, järelduste tegemine ja probleemi lahendamine; ning lisaks ainealased teadmised, kui õpilased läbisid SCY uurimusliku õpikeskkonna. See näitab, et uurimusliku õpikeskkonnana töötab SCY hästi, arendades transformatiivseid ja ainealaseid oskusi.

### **3.2. Uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng reaalkeskonnas**

Leidmaks vastust magistritöö teisele uurimisküsimumsele (Mil määral mõjutab uurimuslik õpe reaalkeskonnas õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?) analüüsiti 30 õpilase eel- ja järelküsimumstiku andmeid. Need õpilased osalesid uuringus, kasutades uurimuslikuks õppeks töölehti (reaalkeskonda). Töölehed sisaldasid transformatiivseid uurimuslikke etappe, mis olid üles ehitatud sarnaselt SCY ökoloogiamissiooni transformatiivsete uurimuslike etappidega. Eel- ja järelküsimumstiku

transformatiivsed uurimuslikud etapid ja ainealaste teadmise küsimused hinnati hindamisjuhendi järgi (lisa 4).



**Joonis 5.** Eel- ja järelküsimustiku õigete vastuste osakaal reaalkeskkonnas uurimusliku õppe läbinud õpilaste seas (n=30). 1 – probleemi määratlemine, 2 – uurimisküsimuse sõnastamine, 3 – hüpoteesi püstitamine, 4 – katse planeerimine, 5 – andmete analüüs ja tõlgendamine, 6 – järelduse tegemine, 7 – probleemi lahendus, 8 – ainealased teadmised.

Joonis 5 järgi oli probleemi määratlemise õigete vastuste osakaal eelküsimustikus 75%, kuid järelküsimustikus oli probleemi määratlemise vastuste osakaal langenud (65%) ning andmete analüüsi ja tõlgendamise õigete vastuse osakaal langes 77%-lt 74%-le. Probleemi määratlemise õigete vastuste osakaal võis langeda seetõttu, et ta oli kaotanud õpilaste jaoks oma uudsuse ja põnevuse. „Simpsonite“ tegelaskujud ei tekitanud neis enam niivõrd huvi. Sama on väitnud ka Chin ja Chia (2004), et õpilaste huvi probleemi määratlemisel ja uurimisküsimuse moodustamisel sõltub väga palju sellest, mis kultuuritaustaga õpilased on ja missuguse meediaga nad iga päev kokku puutuvad. Andmete analüüs ja tõlgendamine oli juba eelküsimustikus üks parimaid tulemusi ja isegi kui õigete vastuste osakaal järelküsimustikus langes, jäi andmete analüüsi ja tõlgendamise õigete vastuste osakaal üheks paremini vastatud etapiks. Huvitaval kombel panid reaalkeskkonnas uurimuslikku õppe läbinud õpilased rohkem tähele graafiku anomaaliat –, kui graafik oli konstante, tähendas see, et juurde tekkis ja suri samapalju uusi pärmirakke. Anomaalia tähelepanek võib olla tingitud sellest, et reaalkeskkonnas pidid õpilased ise graafiku koostama ja anomaalia välja lugema. Virtuaalkeskkonnas tegi õppeprogramm SCY õpilaste eest graafiku ära.

Eelküsimumustikust selgub, et õpilastel tekib raskusi uurimisküsimumuse sõnastamisega (49%) ja hüpoteesi püstitamamisega (49%). Hoffman (1999) väidab, et õpilased moodustavad tihti väga lihtsaid küsimusi. Samuti nähtub magistritöö eelküsimumustiku tulemustest, et õpilastel on raske leida probleemiga seotud lahendust, see oli eelküsimumustikus kõige madalama õigete vastuste osakaaluga (38%). Järelküsimumustikus tõusis probleemi lahenduse sõnastamise õigete vastuste osakaal peaaegu poole võrra (70%). Kalda (2010) põhjendab, et õpilased ei tunne uurimusküsimumuste ja järelduste moodustamise komponente ning nende seost probleemi lahendusega. Ka Aro (2011) jõudis tulemuseni, et õpilased ei tunne probleemi lahenduse komponente ja seost järelduse tegemisega. Samas mainib Aro (2011) oma magistritöös, et kui tutvustada õpilastele probleemi lahendusi ja järeldusi, mille põhjal võivad nad eeskujuga võtta, paranevad õpilaste enda sõnastatud probleemi lahendus, järelduse tegemine ja nende kahe omavaheline seos.

Wilcoxonit testiga (tabel 2) saadi teada, missugused statistiliselt olulised muutused toimusid õpilaste seas eel- ja järelküsimumustikus, kui nad läbisid reaalkeskkonnas uurimusküsimuse õppe. Tabelis on etapid, mis õpilastel arenesid statistiliselt olulisel määral.

**Tabel 2.** Transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste areng reaalkeskkonnas uurimusküsimuse õppe läbinud õpilaste seas (n=30).

Transformatiivsed oskused	Positiivsed muutused	Negatiivsed muutused	Muutuseta	Z	P
Uurimusküsimumuse sõnastamine	19	8	3	-2,7	<0,01
Hüpoteesi sõnastamine	18	6	6	-2,2	<0,05
Katse planeerimine	20	4	6	-3,0	<0,01
Probleemi lahendus	20	5	5	-3,1	<0,01
Ainealased teadmised	15	6	9	-2,7	<0,01

Wilcoxonit testiga selgub, et võrreldes eel- ja järelküsimumustikku muutus statistiliselt olulisel määral õpilaste uurimusküsimumuse sõnastamise oskus ( $Z=-2,7$ ;  $p<0,01$ ), mida kajastab ka tabel 2. Joonisel 5 võib näha, et õigete vastuste osakaal tõusis uurimusküsimumuse sõnastamise puhul 19%. Transformatiivsete oskuste kõige suurema statistiliselt olulise muutuse tegid läbi katse planeerimine ( $Z=-3,0$ ;  $p<0,01$ ) ja probleemi lahendus ( $Z=-3,1$ ;  $p<0,01$ ), mis järelküsimumustikus muutusid võrreldes eelküsimumustikuga paremaks. Seda kajastab ka joonisel 5 olevate õigete vastuste osakaal. On leitud, et virtuaalkeskkond annab hea võimaluse suunata õpilasi täpsemate juhendite järgi, aga reaalkeskkond (töölehed) piirab juhendamist ja seetõttu pole ainealaste teadmiste õigete vastuste osakaal niivõrd kõrge. Viimane on tingitud sellest, et virtuaalkeskkond annab õpilastele suurema võimaluse suunata ise katseid oma nägemuse järgi

ning õpilased leiavad probleemile lahenduse ilma suunatud juhendamiseta (Hmelo-Silver, Duncan, Chinn, 2007). Samas toimus statistiliselt oluline muutus ainealastes teadmistes ( $Z=-2,7$ ;  $p<0,01$ ), kus reaalkeskkonnas läbitud uurimusliku õppe õigete vastuste osakaal tõusis järelküsimumstikus 10% võrreldes eelküsimumstikuga (joonis 5). Sama tulemuse said ka virtuaalkeskkonnas uurimusliku õppe läbinud õpilased ainealaste teadmiste osas, kus õigete vastuste osakaal tõusis 10% (joonis 4). Veermansi (2003) järgi võib uurimuslik õpe eri vormides aidata arendada ainealaseid teadmisi.

### 3.3. Õppetöö tõhusus virtuaal- ja reaalkeskkonnas

Magistritöö kolmandale ja viimasele uurimisküsimusele (Kui tõhus on uurimuslik õpe virtuaal- ja reaalkeskkonnas?) vastuse leidmiseks analüüsiti virtuaalkeskkonnas (SCY) ja reaalkeskkonnas (töölehed) uurimusliku õppe läbinud õpilaste (n=30) järelküsimustikke. Selleks kasutati Paasi ja van Merriënboeri (1993) juba varem Valemina 1 välja toodud õppetöö tõhususe originaalvalemit:

$$E = \frac{zP_{test} - zE_{test}}{\sqrt{2}}$$

**Valem 1.** Õppetöö tõhususe originaalvalem (Paas, van Merriënboer, 1993)

Õppetöö tõhususe peatükis (1.3) toodi välja, et  $zP_{test}$  kajastab õppetöö standardiseeritud (z-skoor) tulemusi ja  $zE_{test}$  vaimse pingutuse standardiseeritud tulemusi. Tabel 3 näitab virtuaal- ja reaalkeskkonnas uurimusliku õppe läbinud õpilaste z-skoore ning originaalvalmiga välja arvatud õppetöö tõhusust.

**Tabel 3.** Subjektiivse koormuse keskmine, transformatiivsete oskuste õigete vastuste osakaalu keskmine ning standardhälbed virtuaal- ja reaalkeskkonnas

	Reaalkeskkond (töölehed)	Virtuaalkeskkond (SCY)	Virtuaal- ja reaalkeskkond, keskmine
<b>Subjektiivse kognitiivse koormuse keskmine (r) (1–7) ja standardhälve (SD):</b>	3,6 (r) 1,92 (SD)	3,2 (r) 1,54 (SD)	3,4 (M)
<b>Transformatiivsete oskuste õigete vastuste osakaalu keskmine (r) (%) ja standardhälve (SD):</b>	67 (r) 3,31 (SD)	74 (r) 3,83 (SD)	70,5 (M)

Z-skoori arvutamiseks kasutatakse valemit, kus virtuaal- ja reaalkeskkonna subjektiivse kognitiivse koormuse keskmisest (r) ja transformatiivsete oskuste protsentuaalsest keskmisest (r) lahutatakse maha virtuaal- ja reaalkeskkonna kombineeritud keskmine (M) ning jagatakse standardhällbega (SD).

$$z = \frac{r - M}{SD}$$

Ehk:

$$z_{\text{reaalkk;}} = \frac{3,6 - 3,4}{1,92} = 0,1$$

kogn.k.

$$z_{\text{reaalkk;}} = \frac{67 - 70,5}{3,31} = -1,06$$

tulemused

$$z_{\text{virtuaalkk;}}^{\text{kogn.k}} = \frac{3,2 - 3,4}{1,54} = -0,13 \quad z_{\text{virtuaalkk;}}^{\text{tulemused}} = \frac{74 - 70,5}{3,83} = 0,91$$

**Valem 3.** Z-skoori arvutamise valemid

Tulemused pannakse õppetöö tõhususe valemisse (E), kus transformatiivsete oskuste z-skoorist (R) lahutatakse maha subjektiivse kognitiivse koormuse z-skoor (P) ning jagatakse kahe ruutjuurega:

$$E = \frac{(R - P)}{\sqrt{2}}$$

Ehk:

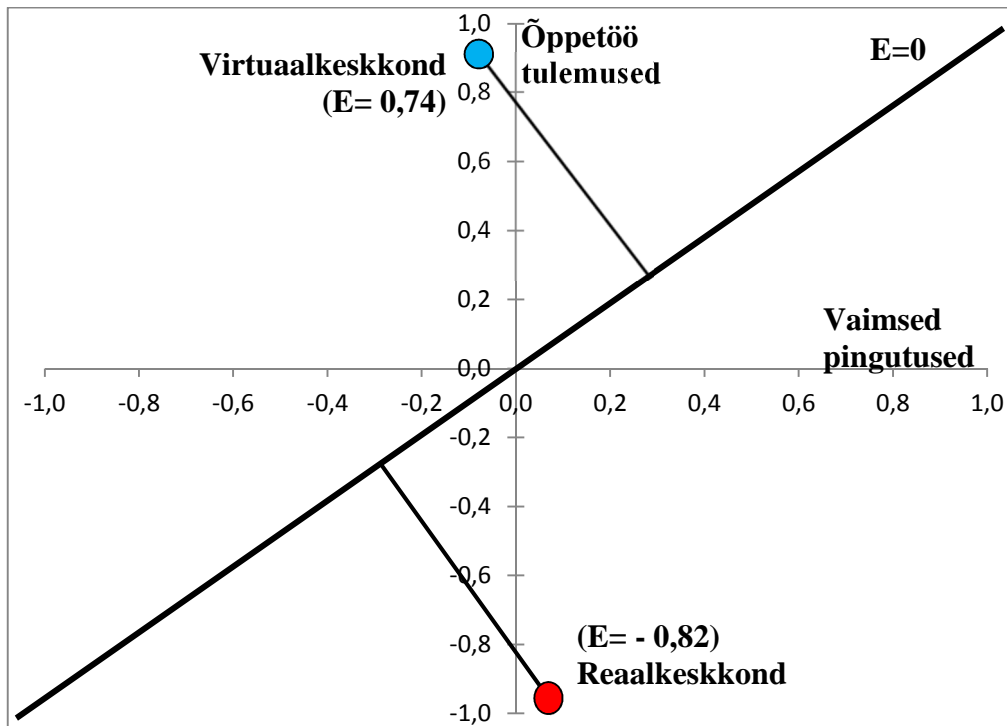
$$E_{\text{reaalkk}} = \frac{-1,06 - 0,1}{\sqrt{2}} = -0,82 \quad E_{\text{virtuaalkk}} = \frac{0,91 - (-0,13)}{\sqrt{2}} = 0,74$$

**Valem 4.** Virtuaal- ja reaalkeskkonna õppetöö tõhususe valemid

**Tabel 4.** Standardiseeritud õppetöö ja vaimse pingutuste tulemused virtuaal- ja reaalkeskkonna õpilaste seas

	<b>Virtuaalkeskkond (SCY)</b>	<b>Reaalkeskkond (töölehed)</b>
<b>Õppetöö tulemuste z-skoor</b>	0,91 (R)	-1,06 (R)
<b>Vaimse pingutuste z-skoor</b>	-0,13 (P)	0,1 (P)
<b>Õppetöö tõhusus (E)</b>	0,74	-0,82

Kombineerides kahte andmestikku omavahel (õppetöö tulemused ja vaimsed pingutused), selgub, et madal vaimne pingutus annab parema õppetöö tõhususe ja vastupidi. Kui esitada tulemusi graafiliselt, nähtub, et tulemused on üksteise suhtes täpselt pöördväärtuses (joonis 6).



**Joonis 6.** Graafiline esitus õppetöö tõhusest virtuaal- ja reaalkeskkonnas

Õppetöö graafilises esituses (joonis 6) on näha, et virtuaalkeskkonnas (SCY) toimuv õppetöö on tõhus, sest järelküsimumstiku andmete põhjal tekkis selle läbinud õpilastel vähem subjektiivset kognitiivset koormust ( $zE_{\text{test}} \approx -0,13$ ) kui reaalkeskkonna (töölehed) läbinud õpilastel ( $zE_{\text{test}} \approx 0,1$ ). Samuti erinesid virtuaal- (SCY) ja reaalkeskkonna (töölehed) läbinud õpilaste õppetöö tulemused (transformatiivsed oskused): järelküsimumstikust selgus, et virtuaalkeskkonna läbinutel olid paremad tulemused ( $zP_{\text{test}} \approx 0,91$ ) kui reaalkeskkonnas õppinutel ( $zP_{\text{test}} \approx -1,06$ ).

Kui vaadata õppetöö tõhususe andmeid, võib öelda, et virtuaalkeskkond SCY on tõhus protsesside ja transformatiivsete oskuste õpetamiseks ( $E=0,74$ ) ning töölehed, reaalkeskkonna töövahendid, ei anna nii tõhusaid tulemusi kui virtuaalkeskkonna läbinud õpilaste tulemused ( $E=-0,82$ ).

## Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli uurida, kuidas õpilaste transformatiivsed oskused ning ainealased teadmised arenevad virtuaal- ja reaalkeskkonnas. Lisaks võrreldi uurimusliku õppe tõhusust virtuaalses ja reaalses keskkonnas.

Et saavutada magistritöö eesmärgi, viidi läbi kolme koolitunni pikkune uuring. Esimeses tunnis täideti eelküsimustik, mille põhjal jaotati õpilased esmaste transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste alusel kahte valimirühma, kus õpilaste transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste tase olid võrdsed. Teises tunnis läbisid uuringus osalenud õpilased kas virtuaal- (SCY ökoloogiamissioon) või reaalkeskkonnas (töölehed ökoloogiamissiooniga) uurimusliku õppe. Kolmandas ehk viimasel tunnis vastasid õpilased järelküsimustikule. Hiljem oli võimalik eel- ja järelküsimustikku võrreldes uurida õpilaste transformatiivsete oskuste arengut, subjektiivset kognitiivset koormust ja ainealaste teadmiste arengut.

Võrreldes uuringus osalenud õpilaste eel- ja järelküsimustikku oli võimalik vastata magistritöö uuringu esimesele ja teisele uurimisküsimusele, milleks olid:

1. Kuidas mõjutab virtuaalne õpikeskkond SCY õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?

Uurimisküsimusele vastuse leidmiseks vaadeldi eel- ja järelküsimustikus probleemi määratlemist, uurimisküsimuse sõnastamist, hüpoteesi püstitamist, katse planeerimist, andmete analüüsi ja tõlgendamist, järelduste tegemist, probleemi lahendust ning ainealaste teadmiste arengut. Statistiliselt märgatavalt paremaks muutusid hüpoteesi sõnastamine, järelduste tegemine, probleemi lahenduse sõnastamine ja ainealased teadmised.

2. Mil määral mõjutab uurimuslik õpe reaalkeskkonnas (töölehed) õpilaste uurimuslike transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengut?

Sellele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks töötati välja SCY ökoloogiamissiooniga sarnased töölehed, mida õpilased täitsid. Eel- ja järelküsimustiku võrdlemisel leiti statistiliselt olulised erinevused järgmiste uurimuslike etappide vahel: uurimisküsimuse sõnastamine, hüpoteesi püstitamine, katse planeerimine, probleemi lahenduse leidmine ning ainealased teadmised.

Virtuaal- või reaalkeskkonna läbinud õpilaste järelküsimustiku võrdlemise põhjal sai vastata magistritöö kolmandale uurimisküsimusele:

3. Kui tõhus on uurimuslik õpe virtuaal- ja reaalkeskkonnas?

Kahe erineva valimi järelküsimumstiku võrdlemisel arvutati välja õppetöö tõhusus nii virtuaalkui ka reaalkeskkonnas. Leiti uurimusliku õppe läbinud õpilaste kognitiivse koormuse z-skoor ja järelküsimumstikus olevate transformatiivsete oskuste tulemuste z-skoor. Seejärel arvutati välja mõlema õppetöö tõhusus E, mille põhjal võis öelda, et virtuaalkeskkond oli praeguses uuringus tõhusam õpikeskkond kui reaalkeskkond.

Kokkuvõttes püstitati magistritöö eesmärgid. Magistritöö uuringus selgus, et virtuaalkeskkond on bioloogiatunnis käsitletava materjali õpetamisel vähemalt teatud määral tõhusam kui analoogsed töölehed paberkandjal.

## **Tänuavaldused**

Esmane ja kõige suurem tänu kuulub minu juhendajale, Maria Isabel Runnelile, kes tutvustas mulle huvitavat teemat ja oli kogu töö kirjutamise ajal väga toetav ning aitas nõu ja jõuga.

Lisaks tahaks tänada magistritööga seotud õpilasi, kes uuringus osalesid. Eriti tänan Tartu loodusmaja õpilasi, kes mind töölehtede koostamisel suunasid ja andsid esmaseid kommentaare.

Tänuõnad ka Tartu Forseliuse Gümnaasiumi õpetajale Kaari Rodimale ja Miina Härma Gümnaasiumi õpetajale Ülle Irdtile, kes pühendasid oma tunnid, et saaksin oma magistritöö uuringu läbi viia. Aitäh ka Tartu loodusmaja gümnaasiumiealistele õpilastele, kes olid oma vabast ajast nõus mind aitama.

Lõpetuseks tänud mu lähedastele, kes mind magistritöö valmimise ajal toetasid: Maarja-Liisa Oitsalu, Martin ja Mari Eessalu, Kadri Kõiv ja Mariliis Randmer ning Ann Metslang.

Eriti suured tänud lähevad koerale Miole, kes toetas mind kõige raskematel hetkedel.

## Kasutatud kirjandus

- Akpan, J. P. (2001)** Issues associated with inserting computer simulation into biology instruction: a review of the literature. *Electronic Journal of Science Education*, 5 (3). Aadressil <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7656/5423> (vaadatud 30.08.2013).
- Aro, M. I. (2011).** *Uurimuslike oskuste ning refleksiooni arendamine rakendades geograafiaalaseid uurimuslikke töölehti*. Magistritöö. Tartu Ülikool. Aadressil [https://www.ut.ee/biodida/magfail/maria\\_isabel\\_aro\\_geograafiaop\\_magtoo2011.pdf](https://www.ut.ee/biodida/magfail/maria_isabel_aro_geograafiaop_magtoo2011.pdf) (vaadatud 06.04.2014).
- Beckmann, J. (2010).** Taming a beast of burden – On some issues with conceptualisation and operationalisation of cognitive load. *Learning and Instruction*, 20, 250–264.
- van Berkum, J. J. A., de Jong, T. (1991).** Instructional environments for simulations. *Education, Computing*, 6, 305–358.
- Blake, C., Scanlon, E. (2007).** Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (6), 491–502.
- Bruner, J. S. (1961).** The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21–32.
- Chin, C., Chia, L.-G. (2004).** Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88 (5), 707–727.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2007).** *Research methods in education. 6th Edition*. NY: Routledge.
- Erlandson, B. E., Nelson, B. C., Savenye, W. C. (2010).** Collaboration modality, cognitive load, and science inquiry learning in virtual inquiry environments. *Educational Technology Research, Development*, 58, 693–710.
- Gall, M. D., Borg, W. R., Gall, J. P. (1996).** *Educational Research: An instruction*. White Plains, NY: Longman.
- Gerjets, P., Scheiter, K., Cierniak, G. (2008).** The Scientific Value of Cognitive Load Theory: A Research Agenda Based on the Structuralist View of Theories. *Educational Psychology Review*, 21 (1), 43–54.
- van Gog, T., Paas, F. (2008).** Instructional Efficiency: Revisiting the Original Construct in Educational Research. *Educational Psychologist*, 43 (1), 16–26.
- Gopher, D., Braune, R. (1984).** On the psychophysics of workload: Why bother with subjective measures? *Human Factors*, 26, 519–532.
- Gümnaasiumi riiklik õppekava lisa 4 (2010).** Elektrooniline riigiteataja. Aadressil [http://www.oppekava.ee/images/6/6f/Lisa\\_4g.pdf](http://www.oppekava.ee/images/6/6f/Lisa_4g.pdf) (vaadatud 31.08.2013).
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., Chinn, C. A. (2007).** Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42 (2), 99–107.
- Hoffman, A. (1999).** Institutional evolution and change: Environmentalism and the US chemical industry, *Academy of Management Journal*, 42 (4): 351–371.
- Hoffman, B., Schraw, G. (2010).** Conceptions of efficiency: Applications in learning and problem solving. *Educational Psychologist*, 45, 1–14.
- de Jong, T., van Joolingen, W. R. (1998).** Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179–201.
- de Jong, T., Njoo, M. (1992).** Learning and instruction with computer simulations: learning processes involved. In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl, L. Verschaffel (Eds.) *Computer-based learning environments and problem solving*. Berlin, Germany.

- Kask, K., Rannikmäe, M. (2009).** Towards a model describing student learning related to inquiry based experimental work and linked to everyday situations. *Journal of Science Education*, 10 (1), 15–19.
- Keselman, A. (2003).** Supporting Inquiry Learning by Promoting Normative Understanding of Multivariable Causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (9), 898–921.
- Künsting, J., Wirth, J., Paas, F. (2011).** The goal specificity effect on strategy use and instructional efficiency during computer-based scientific discovery learning. *Computers, Education*, 56 (3), 668–679.
- Lajoie, S. P. (2000).** *Computers as cognitive tools II: No more walls: Theory change, paradigm shifts and their influence on the use of computers for instructional purposes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Linton, P. M., Plamondon, B. D., Dick, A. O. (1989).** Operator workload for military system acquisition. In G.R. McMillan, D.Beevis, E. Salas, M.H. Strub, R. Sutton, L. van Breda (Eds.), *Applications of human performance models to system design* (21–46). New York: Plenum.
- Lokk, L. (2013).** *Bioloogiaõpetajate valmisolek valikkursuse „Loodusteadused – tehnoloogia – ühiskond“ õpetamiseks*. Magistritöö. Tartu Ülikool. Aadressil [http://dspace.utlib.ee/dspace/bitstream/handle/10062/30525/Liis\\_Lokk.pdf?sequence=1](http://dspace.utlib.ee/dspace/bitstream/handle/10062/30525/Liis_Lokk.pdf?sequence=1) (vaadatud 06.04.2014).
- Mayer, R. E. (2005).** Introduction to multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (1–16). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Moreno, R. (1999).** Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load. *Journal of Educational Psychology*, 91 (4), 638.
- McKagan jt = McKagan, B. S., Handley, W., Perkins, K., Wieman, C. (2009).** A Research-Based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 77 (1), 87–94.
- McLeod, J. (1989).** *Computer simulation: a personal view*. Behavioral Science, 34, 1-5.
- Meissner, B., Bogner, F. X. (2012).** Science teaching based on cognitive load theory: Engaged students, but cognitive deficiencies. *Studies in Educational Evaluation*, 38 (3–4), 127–134.
- Miller, G. A. (1956).** The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review*, vol. 63, 81–97. Aadressil <http://www.musanim.com/miller1956/> (vaadatud 15.02.2013).
- Mäeots, M., Pedaste, M., Sarapuu, T. (2008).** *In proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: International Conference on Advanced Learning Technologies, Santander, Spain, 1-5 July*, 938–942.
- Mäeots, M., Pedaste, M., Sarapuu, T. (2009).** Developing students’ transformative and regulative inquiry skills in a computer-based simulation. *In Proc. Of the Eighth IASTED International Conference on Web-based education (WBE 2009)*, 2009, 60–65.
- Nelson, B., Erlandson, B. (2008).** Managing cognitive load in educational multi-user virtual environments: Reflection on design practice. *Educational Technology Research and Development*, 56 (5–6), 619–641.

- Nygren, T.E. (1991).** Psychometric properties of subjective workload measurement techniques: Implication for their use in the assessment of perceived mental workload. *Human Factors*, 33, 17–33.
- Paas, F. (1992).** Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G. (1993).** The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35, 737–743.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., Adam, J. J. (1994).** Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419–430.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G. (1994a).** Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6, 51–71.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G. (1994b).** Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86 (1), 122–133.
- Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003).** Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38 (1), 1–4.
- Paas jt (2003) = Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., van Gerven, P. W. M.** Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38 (1), 63–71.
- Paas jt (2005) = Paas, F., Tuovinen, J. E., Merriënboer, J. J. G., Aubteen Darabi, A.** A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: Optimizing learner involvement in instruction. *Educational Technology Research and Development*, 53 (3), 25–34.
- Paas, F., van Gog, T., Sweller, J. (2010).** *Cognitive Load Theory: New Conceptualizations, Specifications, and Integrated Research Perspectives*. *Educational Psychology Review*, 22 (4), 375–378.
- Pedaste, M. (2006).** *Problem solving on web-based learning environment*. Tartu University Press. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. PhD Dissertation.
- Pedaste, M., Sarapuu, T. (2008).** Uurimuslike oskuste arendamine ja hindamine bioloogias. Aadressil:  
[http://www.oppekava.ee/images/9/9b/Uurimuslike\\_oskustearendamine\\_ja\\_hindamine\\_bioloogias.pdf](http://www.oppekava.ee/images/9/9b/Uurimuslike_oskustearendamine_ja_hindamine_bioloogias.pdf) (vaadatud 27.01.2014).
- Pedaste, M., Sarapuu, T., Mäeots, M. (2009).** *Uurimuslik õpe IKT abil*. Pata, K., Laanpere, M. (Toim.). Tiigriõpe: Haridustehnoloogia käsiraamat (83–99). Tallinn: Tallinna Ülikool.
- Põhikooli riiklik õppekava lisa 4 (2010).** Elektrooniline riigiteataja. Aadressil [http://www.oppekava.ee/images/5/56/Lisa4\\_ainevaldkond\\_loodusained.pdf](http://www.oppekava.ee/images/5/56/Lisa4_ainevaldkond_loodusained.pdf) (vaadatud 31.08.2013).
- Sarapuu, T. (2011).** Bioloogia ainekava muutused võrreldes 2002. aasta RÕK-iga. Aadressil [http://www.oppekava.ee/index.php/G%C3%BCmnaasiumi\\_valdkonnaraamat\\_BIOLOGIA\\_Bioloogia\\_ainekava\\_muudatused\\_R%C3%95K\\_2002-ga\\_v%C3%B5rreldes](http://www.oppekava.ee/index.php/G%C3%BCmnaasiumi_valdkonnaraamat_BIOLOGIA_Bioloogia_ainekava_muudatused_R%C3%95K_2002-ga_v%C3%B5rreldes) (vaadatud 31.08.2013).
- Sweller, J., Sweller, S. (2006).** Natural information processing systems. *Evolutionary Psychology*, 4, 434–458.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011).** *Cognitive load theory*. Spector, J. M., Lajoie, S.P. (Eds.). New York: Springer

- Sweller, John. (1988).** Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 285, 257–285.
- Sweller, John. (2010).** Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22 (2), 123–138.
- Zachos jt = Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., Sargent, C. (2000).** Setting Theoretical and Empirical Foundations for Assessing Scientific Inquiry and Discovery in Educational Programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 9, 938–962.
- Veermans, K. (2003).** Intelligent support for discovery learning. *Educational Research*.
- Vidgor, J. L., Ladd, H. F. (2010).** Scaling The Digital Divide: Home Computer Technology And Student Achievement. *Working Paper Series No. 16078, National Bureau Of Economic Research*. Aadressil <http://www.nber.org/papers/w16078.pdf> (vaadatud 07.01.2014).
- Warschauer, M., Meskill, C. (2000).** Technology and second language learning. *Handbook of undergraduate second language education* (303–318). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Wang, P., Chan, P. S. (1995).** Advantages, disadvantages, facilitators, and inhibitors of computer-aided instruction in Singapore's secondary schools. *Computers, Education*, 25 (3), 151–162.
- Wilcoxon, F. (1945).** Individual comparisons by ranking methods. *Biometric Bull* 1: 119–122.
- Wilhelm, P. (2001).** *Knowledge, skills and strategies in selfdirected inductive learning*. PhD Dissertation. Leiden: Leiden University.
- Windschitl, M., Andre, T. (1998).** Using computer simulations to enhance conceptual change: the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (2), 145–160.
- Xie, B., Salvendy, G. (2000).** Prediction of mental workload in single and multiple task environments. *Internationa Journal of Cognitive Ergonomics*, 4, 213–242.

# **The effectiveness of virtual and real world learning environments on the development of students' transformative skills and subject knowledge**

**Ott Maidre**

## **Summary**

The basic schools' and upper secondary schools' national curricula in effect since 2010 mainly concentrate on inquiry-based science education in natural sciences (including biology) (Appendix 4 of the national curriculum for upper secondary schools (2010), Appendix 4 of the national curriculum for basic schools (2010). Sarapuu (2011) argues that in comparison to the 2002 basic and upper secondary school national curricula, the current one puts more emphasis on developing knowledge of biology and related skills which would help upper secondary school students understand, explain and predict different natural phenomena and processes better. Sarapuu (2011) also pointed out that "by doing inquiry-based tasks that are based on the methods of natural sciences, students will get an overview of the future trends in biological sciences, related application options and professions, which would support them in their career choices." In addition, various studies have confirmed that inquiry-based learning helps to develop students' transformative skills and regulatory skills that are the basis for successfully compiling a research paper (de Jong, Njoo, 1992; Mäeots, Pedaste, Sarapuu, 2009; Aro, 2011).

In the new curriculum, the use of inquiry-based learning in natural science subjects has increased, research papers and course materials are issued on this subject. However, the effectiveness of inquiry-based learning and its course materials have been studied little in Estonia and in the world. Künsting, Wirth and Paas (2011) explain in their study that usually learning outcomes are usually studied as dependent variables, while there is very little research on learning outcomes in relation to the cognitive load. Paas and van Merriënboer (1993) developed an instructional efficiency model, which provides a good opportunity to measure learning outcomes in the context of the cognitive load. The instructional efficiency has been increasingly used in international studies, but in Estonia less attention has been attributed to this topic.

Kask and Rannikmäe (2009) argue that currently, the students have few inquiry-based learning skills. Yet, Lokk (2013) states in her master's thesis that teachers might be ready to implement inquiry-based learning in the lessons, but they often lack educational materials as well as the knowledge and skills of how to implement inquiry-based learning. Thus, there is a need for suitable materials for inquiry-based learning. However, it is necessary to critically evaluate the online learning environments as well as the printed educational materials since inquiry-based

learning is a relatively new learning and teaching method in the Estonian education system; many students and teachers have no experience with it. For these reasons, this master's thesis provides a way to measure how effective the inquiry-based educational materials and learning environments are.

The aims of this thesis:

- compare the effectiveness of inquiry-based learning in virtual and real learning environments;
- to measure the development in students' transformative life skills and subject knowledge in virtual and real environments.

For these purposes, the virtual learning environment " Science created by you" (SCY) ecology mission was chosen in order to examine the effectiveness of inquiry-based learning in a virtual learning environment. On the example of SCY's ecology mission, similar printed worksheets were compiled to examine the effectiveness of inquiry-based learning in real learning environments. Pre- and post-questionnaires were prepared on the premises that students who participated in the study would be able to measure the effectiveness of inquiry-based learning. Pre- and post-questionnaires were also used to measure the development in the participating students' transformative life skills and knowledge of the subject before and after the completion of the ecology mission of SCY in a virtual learning environment and filling in the required worksheets in a real learning environment.

On the basis of the thesis' aims, the following research questions were formulated:

1. How does the virtual learning environment SCY affect the development of students' inquiry-based transformative life skills and subject knowledge?
2. To which extent will real learning environments (worksheets) affect the development of students' inquiry-based transformative life skills and subject knowledge?
3. How effective is inquiry-based learning in virtual and real learning environments?

In order to answer the research questions, a study was conducted from February to May in 2013. The study involved 60 students from five schools from the tenth to the twelfth grade, who had previously covered the topic of photosynthesis.

In order to reach the goals set in the thesis, a study was conducted that lasted 3 lessons (45 minutes each). In the first lessons, the students filled in the pre-questionnaire; on the basis of

the results, they were divided into two groups according to their primary transformative life skills and subject knowledge. In these groups, the transformative life skills and subject knowledge levels were the same. In the second lesson, students participated in inquiry-based learning either via the virtual (SCY ecology mission) or the real learning environment (worksheets with the ecology mission). In the third and final lesson, the students filled in the post-questionnaire. Later, it was possible to investigate the development of students' transformative life skills, subjective cognitive load and subject knowledge development by comparing the pre- and post-questionnaires.

The results of the comparison of the students' pre- and post-questionnaires enabled to answer the first and second research question of the thesis, namely:

1. How does the virtual learning environment SCY affect the development of students' inquiry-based transformative life skills and subject knowledge?

In order to answer this research question, the students' pre- and post-questionnaires were examined regarding problem identification, the formulation of the research question and hypothesis, planning the experiment, data analysis and interpretation of the findings, drawing conclusions, problem solving and development of the subject knowledge. There was a statistically significant improvement in formulating the hypothesis, drawing conclusions, problem solving and content knowledge.

2. To which extent will real learning environments (worksheets) affect the development of students' inquiry-based transformative life skills and subject knowledge?

In order to answer this question, worksheets were compiled on the basis of the SCY ecology mission that the students had to fill in. The analysis of the pre- and post-questionnaires indicated the following statistically significant differences in the following research stages: formulating the research question, formulating the hypothesis, planning the test, problem solving and subject knowledge.

The comparison of the post-questionnaire results after the virtual and real learning environment tasks enabled to answer the third question of the thesis:

3. How effective is inquiry-based learning in virtual and real learning environments?

Based on post-questionnaires of the two groups, the instructional efficiency of both in the virtual and real learning environments was calculated. The z-score of the cognitive load of the students who participated in the inquiry-based learning and the z-score of the results of

transformative life skills in the post-questionnaire were found. Next, the efficacy  $E$  of both learning environments was calculated. The results of this research indicate that the virtual learning environment was more effective than the real learning environment.

In conclusion, the goals set out in this master's thesis were achieved. It was shown that the virtual learning environment is at least to some degree more effective than similar printed worksheets when it comes to teaching biology.

## **Lisad**

Lisa 1. Eelküsimustik „Uurimistö: Simpsonid ja pärm“

Lisa 2. Tööleht „Vee ökosüsteem“

Lisa 3. Järeلكüsimustik „Uurimistö: Simpsonid ja pärm“

Lisa 4. Eel- ja järeلكüsimustiku transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste hindamisjuhend (Pedaste, Sarapuu, 2008).

# Lisa 1. Eelküsimumstik

## Uurimistöö: Simpsonid ja pärm

Nimi:

Kool:

Klass:

Kuupäev:

Palun loe hoolikalt iga osa läbi ja täida tööülesandeid. Iga osa lõpus on küsimused, millele pead vastama.

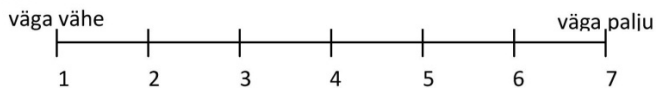
### Probleem

Lisa Simpsonil tuleb koolis teaduspäev. Lisa tahab näidata, kuidas inimkond võib enda jäätmetesse ära surra. Selleks kasutas ta pärmseeni, et näidata, kuidas pärmseened surevad oma jääkainete tõttu. Ta võttis selleks Petri tassi, kuhu pani suhkruvee ja pani sinna kasvama pärmirakke. Esimesel päeval märkas ta, et pärmirakud kasvavad ja paljunevad kiiresti. Teisel päeval nägi ta, et kasv hakkas aeglustama. Kolmandal päeval märkas ta, et pärmirakud Petri tassis hakkasid surema ja neljandaks päevaks olid kõik pärmirakud surnud.

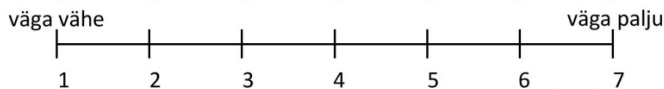
Miks surid kõik pärmirakud Petri tassis ära?.....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

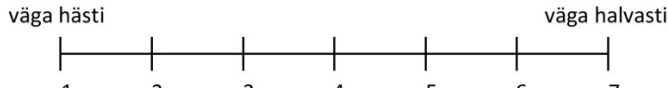
1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?



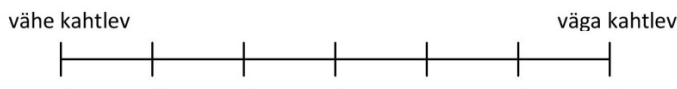
2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?



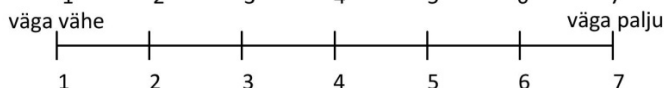
3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?



4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?

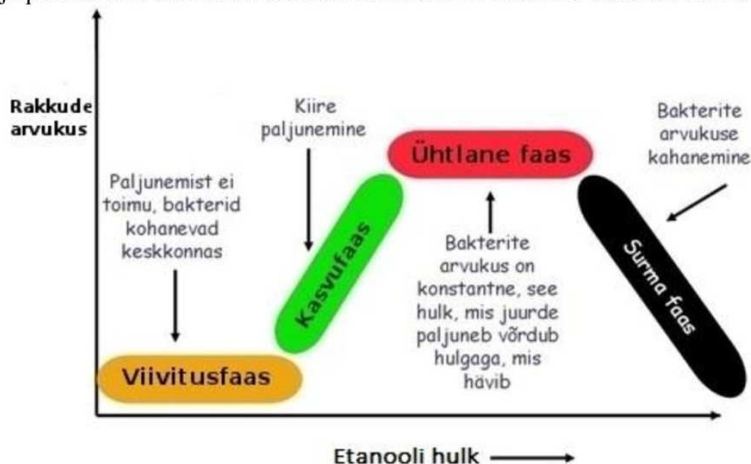


5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?



### Selgitav tekst

Pärmseened on üherakulised seened. Söötmel hakkavad pärmseened kiirelt paljunema, tarvitades toiduks söötmel leiduvaid suhkruid ja vees lahustunud mineraalsooli. Pärmirakud paljunevad söötmel niikaua, kuni jätkub toitu. Söötmel leiduv suhkur laguneb ja tekivad süsihappegaas ja etanool. Seda protsessi nimetatakse käärimiseks. Pärmseente elutegevuse tulemusel suureneb alkoholi hulk söötmel. Lõpuks hakkab alkohol takistama ka pärmseente enda arengut ja pärmseened hävivad. Pärmseene kasvukõver sarnaneb bakterite kasvukõverega.



## Lisa 1. järg

### Uurimusküsimus

Nüüd sõnastad uurimusküsimuse. Et sõnastada uurimusküsimus, pead lähtuma probleemist ja selgitavast tekstist leiduvast informatsioonist: .....

.....

.....

.....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?
- 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?
- 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?
- 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?
- 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?

### Hüpotees

Hüpotees on oletatav vastus uurimusküsimusele. Lähtu siinkohal oma uurimusküsimusest, selgitavast tekstist ja probleemi tekstist. Sõnasta hüpotees: .....

.....

.....

.....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?
- 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?
- 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?
- 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?
- 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?

## Lisa 1. järg

### Katse planeerimine

Hüpoteesi kontrollimiseks on vaja läbi viia katse. Selleks on vaja ka katset planeerida. Vali nimekirjast katsevahendid ja -materjalid ning kirjelda katse läbi viimist.

- |                                      |                                     |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Petri tass  | <input type="checkbox"/> pärm       | <input type="checkbox"/> kraanivesi          |
| <input type="checkbox"/> suhkur      | <input type="checkbox"/> murumass   | <input type="checkbox"/> destilleeritud vesi |
| <input type="checkbox"/> kohvmasin   | <input type="checkbox"/> tolmuimeja | <input type="checkbox"/> süstal              |
| <input type="checkbox"/> filterpaber | <input type="checkbox"/> keeduklaas | <input type="checkbox"/> nutitelefoni        |
- .....
- .....
- .....
- .....

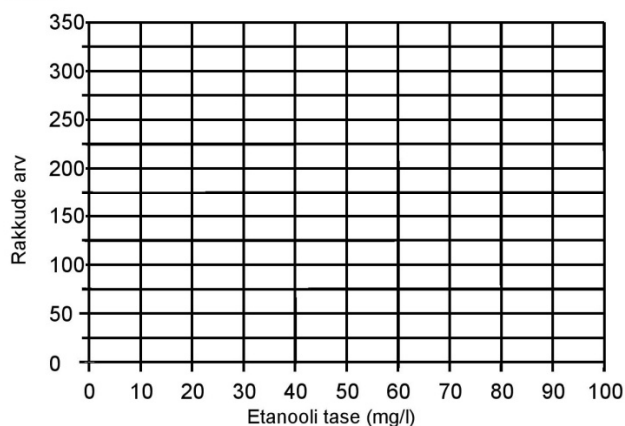
Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | <p>väga hästi</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga halvasti</p>  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?             | <p>vähe kahtlev</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga kahtlev</p> |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |

### Tulemuste analüüs

Hüpoteesi kontrollimiseks viidi läbi katse. Petri tassi pandi suhkruvee söötmele kasvama pärm. Saadi tulemused, mis antud ette tabelis ja koosta andmete põhjal **graafik**.

Aeg	Rakkude arv	Etanooli hulk (mg/l)
0	5	0
5	25	5
10	45	10
15	75	17
20	160	25
25	320	50
30	320	75
35	160	85
40	90	92



Mis on ühtlase faasi maksimaalne pärmirakkude arvukus?.....

Missuguse etanooli (mg/l) hulga juures hakkab surma faasis?.....

Kui palju pärmirakke tekib ja sureb ühtlases faasis?.....

## Lisa 1. järg

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbri juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?             | vähe kahtlev<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga kahtlev |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |

### Järelduste tegemine

Sõnasta nüüd **järeldus**, mis sarnaneks struktuurilt hüpoteesile. Järelduse sõnastamisel, pead Sa lähtuma enda poolt koostatud graafikust: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbri juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?             | vähe kahtlev<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga kahtlev |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |

### Probleemi lahendus

Viimase asjana pead sõnastama oma eespool kirjeldatud **probleemile lahenduse**: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbri juures.

- |   |   |
|---|---|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju     |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju     |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti |

## Lisa 1. järg

4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?	vähe kahtlev	1	2	3	4	5	6	7	väga kahtlev
5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?	väga vähe	1	2	3	4	5	6	7	väga palju

### Ainealased küsimused

Mis on fotosüntees?.....

.....

Mida on vaja, et toimuks fotosüntees taimedes?.....

.....

Nimeta kaks fotosünteesi saadust?.....

.....

Mis taimeorganismis toimub fotosüntees?.....

.....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?	väga vähe	1	2	3	4	5	6	7	väga palju
2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?	väga vähe	1	2	3	4	5	6	7	väga palju
3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?	väga hästi	1	2	3	4	5	6	7	väga halvasti
4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?	vähe kahtlev	1	2	3	4	5	6	7	väga kahtlev
5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?	väga vähe	1	2	3	4	5	6	7	väga palju

**Palun kontrolli, kas oled kõigile küsimustele ja hindamisskaaladele vastanud!**

**Suured tänud!**

## Lisa 2. Töölehed

Nimi:

Kool:

Klass:

Kuupäev:

### Tööleht: Vee ökosüsteem

Palun loe hoolikalt iga osa läbi ja täida tööülesandeid. Iga osa lõpus on küsimused, millele pead vastama.

#### Uurimistöö: Valguse roll ökosüsteemis

Troopilise palmisaare lähedal meres oleva vulkaani jalamil paikneb ökosüsteem. Seal on soe, madal ning süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) ja toitainete rikas vesi. Ökosüsteemi toiduahela kõige madalamal astmel paiknevad taimed, kes kasutavad süsihappegaasi ja päikesevalgust energia saamiseks. Toiduahela järgmiseks lüliks on algloomad, kes toituvad taimedest. Ökosüsteemis olevaid lagundajaid on raske näha. Nad elavad pinnases ning kaevavad tunnelid süües surnud põhja vajunud taimi ja algloomi. Toiduahel toimib hästi kuniks toimub suure naftalekke näol katastroof. Selle tagajärjel ei pääse enam valgus taimedeni, mistõttu ei saa nad enam piisavalt energiat toota. Taimed hukuvad ning see kahandab ka algloomade toidulauda. Ainukesena saavad kasu sellest lagundajad, kellel on nüüd surnud taimede ja algloomade näol rohkem toitu.

Mis võiks olla kirjeldatud olukorra peamine **probleem**? .....

#### Uurimisküsimuse sõnastamine

##### Juhis uurimisküsimuse sõnastamiseks:

- A) Esmalt tuleb kindlaks määrata tegurid, mida uurimisküsimus sisaldab.
- B) Seejärel tuleb eristada sõltuvad ja sõltumatud tegurid. Sõltuvad tegurid on need, mille muutumist katse käigus uuritakse (uurimisobjektid). Sõltumatud tegurid (mõjutegurid) on need, mida muudetakse, et uurida nende mõju sõltuvatele teguritele.
- C) Hea sõnastus oleks nt: Milline seos on [tegur 1] ja [tegur 2] vahel?
- D) Küsimus peab olema reaalselt uuritav (st. selle kohta peab olema võimalik õigeid andmeid koguda) ning olemasolevate vahendite abil teostatav (aeg, katsevahendid jms).

Nüüd sõnasta juhise abil **uurimisküsimus**, millele hakkad uurimistöö käigus vastust leidma: .....

#### Hüpoteesi sõnastamine

##### Juhis hüpoteesi sõnastamiseks:

- A) Hüpotees on selge ja konkreetne lause, mis väljendab oodatavat vastust uurimisküsimusele.
- B) Hüpotees peab olema tõestatav.
- C) Hüpotees ei pea olema tõene; hüpoteesi valeks osutumine ei tähenda veel, et teie uuring poleks olnud edukas.
- D) Paljud hüpoteesid on sõnastatud nt: 'kui ... , siis ... ' laused.

Sõnasta juhise abiga oletatav vastus uurimisküsimusele ehk **hüpotees**: .....

#### Hüpoteesi paikapidavust on vaja kontrollida **katsega**.

Selle jaoks vali loetelust välja kõik vajalikud katsevahendid:

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> laua- või sülearvuti         | <input type="checkbox"/> kaalud                       | <input type="checkbox"/> kraanivesi         |
| <input type="checkbox"/> Vernier'i andmekoguja        | <input type="checkbox"/> halogeenlamp                 | <input type="checkbox"/> Eesti vesikatk     |
| <input type="checkbox"/> Vernier'i hapniku sensor     | <input type="checkbox"/> väävelhappe lahus            | <input type="checkbox"/> pinnaseproov, muld |
| <input type="checkbox"/> Vernieri'i pH sensor         | <input type="checkbox"/> läbipaistev katse/keeduklaas | <input type="checkbox"/> majapidamispaper   |
| <input type="checkbox"/> Vernier'i temperatuuri andur | <input type="checkbox"/> purk                         | <input type="checkbox"/> süstal             |
| <input type="checkbox"/> Vernier'i valguse andur      | <input type="checkbox"/> destilleeritud vesi          |   |

Kirjelda, mida ning millises järjekorras katse läbiviimisel kasutad, nii, et valmiks korralik **katseplaan**:

.....

.....

.....

## Lisa 2. järg

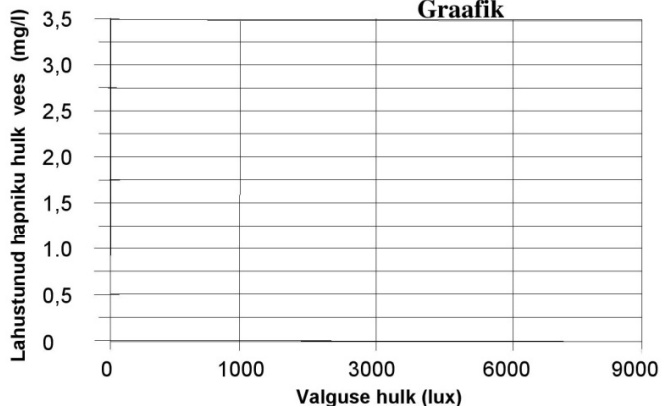
### Andmete analüüs:

Hüpoteesi kontrollimiseks viidi läbi katse. Vernieri andmekogujaga, vees lahustunud hapniku sensoriga ja valguse sensoriga tehti katse, kus eri kaugustel valgusallikast oli Eesti vesikatki pandud veega täidetud klaaspurkidesse ning mõõdeti hapniku hulka vees. Klaaspurk nr. 1 oli kõige ligemal valgusallikale ja klaaspurk nr. 6 kõige kaugemal. Saadi tulemused, mis on antud ette tabelis ja koosta andmete põhjal graafik.

Tabel

Klaaspurk	Valgustus (lux):	O <sub>2</sub> hulk (mg/l):
1	8734	3,4
2	6478	2,9
3	4112	2,3
4	3496	1,5
5	1996	0,9
6	996	0,1

Graafik



Kuidas valgustuse suurenemine mõjutab lahustunud hapniku hulka vees? .....

.....

### Järelduse sõnastamine

#### Juhis järelduse sõnastamiseks:

- A) Järeldus on selge ja konkreetne lause, mis väljendab vastust uurimisküsimusele.
- B) Järelduse struktuur on sarnane hüpoteesi struktuurile: see sisaldab sõltuvat ja sõltumatut väärtust ja kirjeldab kuidas muutuv väärtus mõjutab teist väärtust.
- C) Paljud järeldused on sõnastatud nt: 'kui ... , siis ... ' laused.

Nüüd sõnasta juhise abiga tehtud uurimistöö põhjal **järeldus**, mis oleks ka vastuseks uurimisküsimusele: .....

.....

.....

### Probleemi lahendus:

Viimane asi, mida pead tegema on, sõnasta oma eespool kirjeldatud **probleemile lahendus**:

.....

.....

.....

Palun kontrolli oma vastused üles ja anna tööleht õpetajale.

Suured tänud!

### Lisa 3. Järeldüsimustik

#### Uurimistöo: Simpsonid ja pärm

Nimi:

Kool:

Klass:

Kuupäev:

Palun loe hoolikalt iga osa läbi ja täida tööülesandeid. Iga osa lõpus on küsimused, millele pead vastama.

#### Probleem

Marge Simpson soovis teha perele õhtusöögiks pirukat. Ta lisis suhkrut ja pärmiga taignale, et pirukataigen ilusti kerkiks. Ta otsustas, et pirukas eriti hästi kerkiks, siis paneb ta radiaatori ligidale sooja ja annab talle korralikult aega kerkimiseks, sest ta tahtis vaadata televiisorist „Springfield otsib superstaari“. Kui ta hiljem kööki tuli, et vaadata, mis taignast saanud, siis enda nõrdimuseks avastas ta, et taigen on väga vähe kerkinud ja haies nagu Homeri poolik õllepurk. Marge oli pettunud, sest pirukat ei saanud teha ja viskas taigna ära.

Miks Marge pirukas üldse ei kerkinud?.....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- 1) Kui palju Sa pidid sellele osale pingutama?
 

väga vähe

1

2

3

4

5

6

7

väga palju
- 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?
 

väga vähe

1

2

3

4

5

6

7

väga palju
- 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?
 

väga hästi

1

2

3

4

5

6

7

väga halvasti
- 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?
 

vähe kahtlev

1

2

3

4

5

6

7

väga kahtlev
- 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?
 

väga vähe

1

2

3

4

5

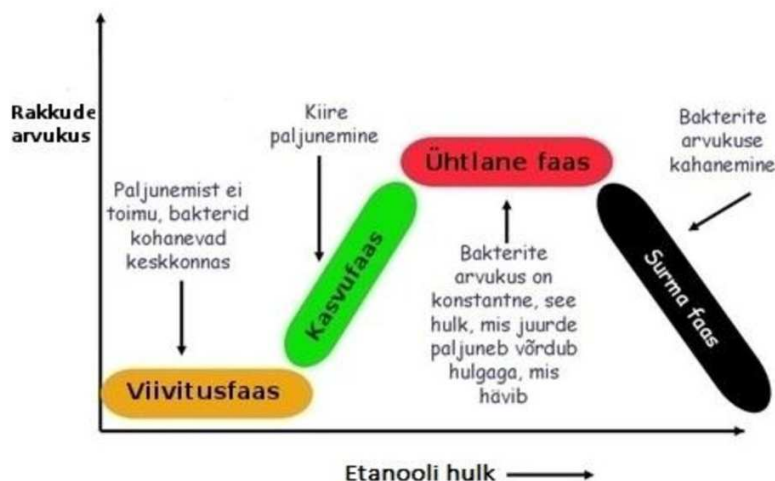
6

7

väga palju

#### Selgitav tekst

Pärmseened on üherakulised seened. Söötmel hakkavad pärmseened kiirelt paljunema, tarvitades toiduks söötmel leiduvaid suhkruid ja vees lahustunud mineraalsooli. Pärmirakud paljunevad söötmel niikaua, kuni jätkub toitu. Söötmel leiduv suhkur laguneb ja tekivad süsihappegaas ja etanool. Seda protsessi nimetatakse käärimiseks. Pärmseente elutegevuse tulemusel suureneb alkoholi hulk söötmel. Lõpuks hakkab alkohol takistama ka pärmseente enda arengut ja pärmseened hävivad. Pärmseene kasvukõver sarnaneb bakterite kasvukõverega.



### Lisa 3. järg

#### Uurimusküsimus

Nüüd sõnastad uurimusküsimuse. Et sõnastada uurimusküsimus, pead lähtuma probleemist ja selgitavast tekstist leiduvast informatsioonist: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju
- 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju
- 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?  
väga hästi | 1 2 3 4 5 6 7 | väga halvasti
- 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?  
vähe kahtlev | 1 2 3 4 5 6 7 | väga kahtlev
- 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju

#### Hüpotees

Hüpotees on oletatav vastus uurimusküsimusele. Lähtu siinkohal oma uurimusküsimusest, selgitavast tekstist ja probleemi tekstist. Sõnasta hüpotees: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju
- 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju
- 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?  
väga hästi | 1 2 3 4 5 6 7 | väga halvasti
- 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?  
vähe kahtlev | 1 2 3 4 5 6 7 | väga kahtlev
- 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?  
väga vähe | 1 2 3 4 5 6 7 | väga palju

### Lisa 3. järg

#### Katse planeerimine

Hüpoteesi kontrollimiseks on vaja läbi viia katse. Selleks on vaja ka katset planeerida. Vali nimekirjast katsevahendid ja -materjalid ning kirjelda katse läbi viimist.

- |                                      |                                     |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Petri tass  | <input type="checkbox"/> pärm       | <input type="checkbox"/> kraanivesi          |
| <input type="checkbox"/> suhkur      | <input type="checkbox"/> murumass   | <input type="checkbox"/> destilleeritud vesi |
| <input type="checkbox"/> kohvimasin  | <input type="checkbox"/> tolmuimeja | <input type="checkbox"/> süstal              |
| <input type="checkbox"/> filterpaber | <input type="checkbox"/> keeduklaas | <input type="checkbox"/> nutitelefoni        |

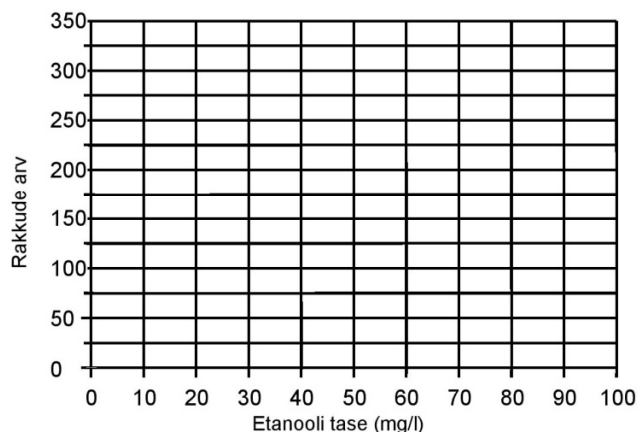
Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | <p>väga hästi</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga halvasti</p>  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinu tekitas?              | <p>vähe kahtlev</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga kahtlev</p> |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | <p>väga vähe</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>väga palju</p>      |

#### Tulemuste analüüs

Hüpoteesi kontrollimiseks viidi läbi katse. Petri tassi pandi suhkruvee söötmele kasvama pärm. Saadi tulemused, mis antud ette tabelis ja koosta andmete põhjal **graafik**.

Aeg	Rakkude arv	Etanooli hulk (mg/l)
0	5	0
5	25	5
10	45	10
15	75	17
20	160	25
25	320	50
30	320	75
35	160	85
40	90	92



- Mis on ühtlase faasi maksimaalne pärmirakkude arvukus?.....
- Missuguse etanooli (mg/l) hulga juures hakkab surma faasis?.....
- Kui palju pärmi rakke tekib ja sureb ühtlases faasis?.....

### Lisa 3. järg

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?             | vähe kahtlev<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga kahtlev |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |

#### Järelduste tegemine

Sõnasta nüüd **järeldus**, mis sarnaneks struktuurilt hüpoteesile. Järelduse sõnastamisel, pead Sa lähtuma enda poolt koostatud graafikust: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti  |
| 4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?             | vähe kahtlev<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga kahtlev |
| 5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?                        | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju      |

#### Probleemi lahendus

Viimase asjana pead sõnastama oma eespool kirjeldatud **probleemile lahenduse**: .....

Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.

- |   |   |
|---|---|
| 1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?                 | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju     |
| 2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?                    | väga vähe<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga palju     |
| 3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti? | väga hästi<br> ----- ----- ----- ----- ----- ----- <br>1    2    3    4    5    6    7<br>väga halvasti |

### Lisa 3. järg

	vähe kahtlev <span style="float: right;">väga kahtlev</span> 
4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?	väga vähe <span style="float: right;">väga palju</span> 
5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?	
<b>Ainealased küsimused</b>	
Mis on fotosüntees?.....	
.....	
Mida on vaja, et toimuks fotosüntees taimedes?.....	
.....	
Nimeta kaks fotosünteesi saadust?.....	
.....	
Mis taimeorganismis toimub fotosüntees?.....	
.....	
Tähista oma vastus X-ga skaalal sobiva numbriga juures.	
1) Kui palju Sa pidid selle osas pingutama?	väga vähe <span style="float: right;">väga palju</span> 
2) Kui palju Sa selles osas kiirustasid?	väga vähe <span style="float: right;">väga palju</span> 
3) Kui hästi Sa said hakkama sellega, mida ülesandes nõuti?	väga hästi <span style="float: right;">väga halvasti</span> 
4) Kui palju ebakindlust see osa Sinus tekitas?	vähe kahtlev <span style="float: right;">väga kahtlev</span> 
5) Kui tüütu oli see osa Sinu jaoks?	väga vähe <span style="float: right;">väga palju</span> 

**Palun kontrolli, kas oled kõigile küsimustele ja hindamisskaaladele vastanud!**

**Suured tänud!**

**Lisa 4.** Eel- ja järelküsimustiku transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste hindamisjuhend (Pedaste, Sarapuu, 2008)

### 1. Probleemi identifitseerimine

Aspekt	Skaala
Sõnastus	<p>0 – probleemina käsitletavat väidet või küsimust ei ole sõnastatud</p> <p>1 – sõnastatud on probleemina käsitletav väide või küsimus, kuid see ei tulene esitatud situatsioonist</p> <p>2 – sõnastatud on probleemina käsitletav väide või küsimus, mis tuleneb esitatud situatsioonist (siin võib näha lisatasemeid sõltuvalt sellest, kui tähtis on identifitseeritud probleem situatsioonis esitatud mitme probleemi hulgas)</p>

### 2. Uurimusküsimuse sõnastamine

Aspekt	Skaala
Sõnastus	<p>0 – küsimuse asemel on sõnastatud mingi muu lause või pole midagi sõnastatud</p> <p>1 – sõnastatud on probleemile mittevastav küsimus</p> <p>2 – sõnastatud on probleemile vastav staatiline küsimus</p> <p>3 – sõnastatud on probleemile vastav dünaamiline küsimus</p>
Mõjutegur	<p>0 – mõjutegur on nimetamata</p> <p>1 – mõjutegur ei tulene probleemist</p> <p>2 – mõjutegur tuleneb probleemist, sõnastatud mõõdetamatul viisil (ebatäpselt)</p> <p>3 – mõjutegur tuleneb probleemist ja on sõnastatud täpselt mõõdetaval viisil</p>
Uuritav tunnus	<p>0 – uurimisobjekt on nimetamata</p> <p>1 – uurimisobjekt ei tulene probleemist</p> <p>2 – uurimisobjekt tuleneb probleemist, aga nimetamata on selle mõõdetav tunnus (ebatäpne sõnastus)</p> <p>3 – uurimisobjekt tuleneb probleemist ja sõnastatud on täpselt selle mõõdetav tunnus</p>

### 3. Hüpoteesi sõnastamine

Aspekt	Skaala
Sõnastus	0 – väite asemel on sõnastatud küsimus

	<p>1 – sõnastatud on uurimisküsimusele mittevastav väide</p> <p>2 – sõnastatud on uurimisküsimusele vastav staatiline väide</p> <p>3 – sõnastatud on uurimisküsimusele vastav dünaamiline väide</p>
Mõjutegur	<p>0 – mõjutegur on nimetamata</p> <p>1 – mõjutegur ei tulene uurimisküsimusest</p> <p>2 – mõjutegur tuleneb uurimisküsimusest, aga on sõnastatud mittemõõdetaval viisil (ebatäpselt)</p> <p>3 – mõjutegur tuleneb uurimisküsimusest ja on sõnastatud täpselt mõõdetaval viisil</p>
Uuritav tunnus	<p>0 – uurimisobjekt on nimetamata</p> <p>1 – uurimisobjekt ei tulene uurimisküsimusest</p> <p>2 – uurimisobjekt tuleneb uurimisküsimusest, aga nimetamata on selle mõõdetav tunnus (ebatäpne sõnastus)</p> <p>3 – uurimisobjekt tuleneb uurimisküsimusest ja on sõnastatud täpselt selle mõõdetav tunnus</p>
Oletatav seos	<p>0 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos on nimetamata</p> <p>1 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos ei tulene taustinfost</p> <p>2 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos tuleneb taustinfost, aga on sõnastatud staatiliselt</p> <p>3 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos tuleneb taustinfost ja on sõnastatud dünaamiliselt</p>

#### 4. Katse planeerimine

Aspekt	Skaala
Vahendid ja materjalid	<p>0 – katse läbiviimiseks vajalikud vahendid ja materjalid on nimetamata</p> <p>1 – on nimetatud kas vahendid või materjalid, kuid mitte mõlemad</p> <p>2 – katse läbiviimiseks vajalikud vahendid ja materjalid on nimetatud osaliselt (siin võib näha variatsioone sõltuvalt sellest, kui palju vajalikke vahendeid ja materjale on nimetatud ja kui palju on nimetatud mittevajalikke)</p>

	3 – kõik katse läbiviimiseks vajalikud vahendid ja materjalid on nimetatud (ja üleliigseid pole nimetatud)
Plaan	<p>0 – katsetegevusi pole kirjeldatud</p> <p>1 – katsetegevused on kirjeldatud, aga pole selgelt eristatud järgitavaid etappe</p> <p>2 – katsetegevused on esitatud järjestikuste etappidena, kuid kõik etapid ei vasta hüpoteesi kontrollimise vajadusele</p> <p>3 – katsetegevused on esitatud järjestikuste etappidena ja kõik etapid vastavad hüpoteesi kontrollimise vajadusele</p> <p>4 – lisaks hüpoteesi kontrollimiseks vajalikele etappidele on kirjeldatud meetodeid katse usaldusväärsuse tõstmiseks (mõjuteguri kõrval teiste katsetulemusi mõjutavate tegurite muutumatuse tagamine, kontrollkatsete tegemine mõõtmiste usaldusväärsuse tõstmiseks jms)</p>

## 5. Tulemuste analüüs ja tõlgendamine

Aspekt	Skaala
Analüüs	<p>0 – andmete analüüs ei lähtu esitatud andmetest, kirjutatud on vale väide või järeldus</p> <p>1 – andmete analüüs lähtub esitatud andmetest, kuid on kirjutatud üldine ebatäpne järeldus</p> <p>2 – andmete analüüs lähtub esitatud andmetest, andmeid on põhjalikult kirjeldatud</p>
Tõlgendamine	<p>0 – andmetes esinevatele anomaaliatele ei pöörata tähelepanu</p> <p>1 – andmetes esinevad anomaaliad leitakse üles, kuid nende tekkepõhjusi ei selgitata ja vajalikke korrektiive ei tehta</p> <p>2 – andmetes esinevate anomaaliate tekkepõhjusi osatakse selgitada, aga ei tehta sellest lähtuvalt vajalikke korrektiive</p>

	3 – andmetes esinevad anomaaliad leitakse üles ning lähtudes tekke põhjustest võetakse kasutusele vajalikud meetmed vigase info põhjal järelduste tegemise vältimiseks
--	--

## 6. Järelduste tegemine

Aspekt	Skaala
Sõnastus	0 – väite asemel on sõnastatud küsimus 1 – sõnastatud on uurimisküsimusele mittevastav väide 2 – sõnastatud on uurimisküsimusele vastav staatiline väide 3 – sõnastatud on uurimisküsimusele vastav dünaamiline väide
Mõjutegur	0 – mõjutegur on nimetamata 1 – mõjutegur ei tulene uurimisküsimusest 2 – mõjutegur tuleneb uurimisküsimusest, aga on sõnastatud mittemõõdetaval viisil (ebatäpselt) 3 – mõjutegur tuleneb uurimisküsimusest ja on sõnastatud täpselt mõõdetaval viisil
Uuritav tunnus	0 – uurimisobjekt on nimetamata 1 – uurimisobjekt ei tulene uurimisküsimusest 2 – uurimisobjekt tuleneb uurimisküsimusest, aga nimetamata on selle mõõdetav tunnus (ebatäpne sõnastus) 3 – uurimisobjekt tuleneb uurimisküsimusest ja on sõnastatud täpselt selle mõõdetav tunnus
Oletatav seos	0 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos on nimetamata 1 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos ei tulene taustinfost 2 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos tuleneb taustinfost, aga on sõnastatud staatiliselt 3 – mõjuteguri ja uurimisobjekti vaheline seos tuleneb taustinfost ja on sõnastatud dünaamiliselt

## 7. Probleemi lahendus

Aspekt	Skaala
Sõnastus	0 – probleemina käsitletavat väidet või küsimust ei ole sõnastatud 1 – sõnastatud on probleemina käsitletav väide või küsimus, kuid see ei tulene esitatud situatsioonist 2 – sõnastatud on probleemina käsitletav väide või küsimus, mis tuleneb esitatud situatsioonist (siin võib näha lisatasemeid sõltuvalt sellest, kui tähtis on identifitseeritud probleem situatsioonist esitatud mitme probleemi hulgas)

## 8. Ainealased teadmised

Küsimus	Skaala
Mis on fotosüntees?	0 – õiget vastust pole sõnastatud 1 – sõnastatud on õige vastus
Mida on vaja, et toimuks fotosüntees taimedes?	0 – pole sõnastatud ühtegi kolmest faktorist (UV; CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O) 1 – sõnastatud on üks kolmest faktorist (UV; CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O) 2 – sõnastatud on kaks kolmest faktorist (UV; CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O) 3 – sõnastatud on kõik kolm faktorit (UV; CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)
Nimeta kaks fotosünteesi saadust?	0 – pole sõnastatud ühtegi kahest saadusest (süsivesinik; O <sub>2</sub> ) 1 – sõnastatud on üks kahest saadusest (süsivesinik; O <sub>2</sub> ) 2 – sõnastatud on kõik kaks saadust (süsivesinik; O <sub>2</sub> )
Mis taimeorganism toimub fotosünteesis?	0 – õiget vastust pole sõnastatud 1 – sõnastatud on õige vastus (klorofüll)

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Ott Maidre,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Virtuaalse ja reaalse õpikeskkonna rakendamise tõhusus õpilaste transformatiivsete oskuste ja ainealaste teadmiste arengule“,

mille juhendaja on Maria Isabel Runnel,

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **28.05.2014**